

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA,
INFORMATICA Y MECANICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA



TESIS

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES
CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO
TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE
SAN JERÓNIMO - CUSCO”**

PRESENTADO POR:

Br. JHON ABEL MAMANI QUISPE

Br. MIGDALIA MILLIO ALVIS

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECANICO**

ASESOR:

ING. PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES

CUSCO - PERÚ
2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES.....
 quien aplica el software de detección de similitud al
 trabajo de investigación/tesis titulada: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA
PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20.000
LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA
EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO.....

Presentado por: JHON ABEL MAMANI QUISPE..... DNI N° 73783508.....;
 presentado por: MIGDALIA MILLIO ALVIS..... DNI N°: 48310838
 Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO MECANICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 22 de MAYO..... de 2026.....

Firma

Post firma PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES

Nro. de DNI 23852830

ORCID del Asesor 0000-0001-8141-4405

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259-593850011.....

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICAD...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:593850011

Fecha de entrega

22 may 2026, 1:45 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

22 may 2026, 1:49 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LA....pdf

Tamaño del archivo

21.3 MB

311 páginas

46.197 palabras

259.114 caracteres




7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi Taytacha Qoyllurit'i, por haberme bendecido con sabiduría y salud en los momentos de mayor esfuerzo.

Taytacha, sé siempre mi estrella que ilumine mi camino.

A mis padres Domingo y Nely, por su amor infinito, su esfuerzo constante y por ser ejemplo de perseverancia, valores que han sido esenciales en la obtención de este logro.

Este triunfo es de ustedes.

A mi amada hija Mayne Ariana, por ser mi mayor inspiración y motivo de superación, con todo cariño, te dedico este trabajo.

Eres mi mejor tesis y mi más grande orgullo.

Jhon Abel Mamani Quispe

DEDICATORIA

A Dios, quien me ha dado la salud y la fortaleza necesarias para culminar con éxito esta tesis y alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

Con todo mi corazón a mis padres Isaac y María, quienes lucharon incansablemente por mi bienestar y mi educación; cada uno de mis logros es reflejo de su esfuerzo y sacrificio que hicieron por mí.

A mi princesa Mayne, por llenar mis días de alegría con su ternura y su amor, siendo la mayor fuente de inspiración que me impulsó a seguir adelante en el desarrollo de esta tesis.

Migdalia Millio Alvis

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro profundo reconocimiento a nuestros padres Domingo y Nely e *Isaac* y *María*, a nuestros hermanos Martel, Fanny Flor de Liz, Iván Leoncio, *Flor Tania*, Joaquín y Nazario Dimanche y toda nuestra familia, por su respaldo permanente, confianza y apoyo incondicional durante todo este proceso.

A la **Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco**, a la **Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica** y a sus docentes, por su valiosa contribución en nuestra formación académica, así como por proporcionarnos los conocimientos, valores y herramientas fundamentales para nuestro desarrollo profesional.

Agradecemos de manera especial a nuestro asesor de tesis, **Ing. Percy Miguel Rueda Puelles**, por su orientación, compromiso y enseñanzas impartidas, que han sido fundamentales en la elaboración del presente trabajo.

A la empresa **Ladrillera LATESAN**, por la oportunidad brindada para la realización del presente trabajo; de manera especial, al Ing. Ascencion G. Auccapure Rojas y a Johel Lizarme Salas, así mismo a los compañeros de trabajo por su colaboración y facilidades otorgadas durante el desarrollo del presente trabajo.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo.

Jhon Abel Mamani Quispe y Migdalia Millio Alvis

RESUMEN

La tesis tiene como objetivo diseñar y construir una plataforma sobre rieles en un horno ladrillero tipo paulista para mejorar la productividad del proceso de cocción. La problemática principal se relaciona con los prolongados períodos en el ciclo de cocción, vinculados mayormente a las actividades de carga y descarga, lo que afecta la eficacia operativa.

La solución propuesta consiste en implementar dos plataformas que separan estas operaciones, favoreciendo la continuidad operativa. La plataforma cuenta con aislamiento térmico que limita la transferencia de calor, manteniendo la temperatura por debajo de 30°C. El diseño fue validado a través de análisis estructural y simulaciones por elementos finitos (FEM), cumpliendo con criterios de resistencia, rigidez y funcionalidad, adecuados para trasladar 20,000 ladrillos, ajustándose a la normativa CMAA 70.

Se consideraron criterios de selección de materiales, procesos de fabricación, montaje, control de calidad y pruebas de funcionamiento durante la construcción de la plataforma. Las pruebas de operación indicaron que el tiempo del ciclo de quema se redujo en un 50%, incrementando notablemente la productividad.

El análisis financiero del proyecto refleja un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 19,690.22 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 29%, lo cual evidencia su viabilidad y rentabilidad financiera.

Palabras clave: Ladrillera, Horno Tipo Paulista, Plataforma Sobre Rieles, Análisis Estructural, Aislamiento Térmico.

ABSTRACT

The thesis aims to design and construct a rail-based platform in a Paulista-type brick kiln to improve the productivity of the firing process. The main issue is related to the prolonged periods in the firing cycle, mostly linked to loading and unloading activities, which affects operational efficiency.

The proposed solution consists of implementing two platforms that separate these operations, favoring operational continuity. The platform features thermal insulation that limits heat transfer, keeping the temperature below 30°C. The design was validated thru structural analysis and finite element method (FEM) simulations, meeting criteria for strength, stiffness, and functionality, suitable for transporting 20,000 bricks, in compliance with CMAA 70 standards.

Selection criteria for materials, manufacturing processes, assembly, quality control, and operational testing were considered during the construction of the platform. The operational tests indicated that the burn cycle time was reduced by 50%, significantly increasing productivity.

The financial analysis of the project reflects a Net Present Value (NPV) of S/. 19,690.22 and an Internal Rate of Return (IRR) of 29%, which demonstrates its financial viability and profitability.

Keywords: Brick factory, paulista-type kiln, rail platform, structural analysis, thermal insulation.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria ladrillera viene mejorando tecnológicamente los hornos para la cocción de productos ladrilleros en San Jerónimo - Cusco, pero por el costo elevado que conlleva seguir mejorando, se realiza estas mejoras de forma lenta y progresiva, uno de estos hornos implementados es el tipo paulista, horno que toma bastante tiempo en el ciclo de cocción de ladrillos al tener una estructura fija.

Frente a esta problemática, la presente investigación propone la construcción y diseño de una plataforma sobre rieles con el objetivo de mecanizar únicamente el sistema de carga y descarga, sin cambiar las condiciones térmicas o estructurales del horno. El desarrollo tiene en cuenta, con el objetivo de potenciar el nivel competitivo del proceso ladrillero, aumentar la productividad y disminuir los tiempos de operación, con criterios de diseño mecánico y térmico, validación a través de simulación por elementos finitos (FEM) y evaluación económica.

La estructura del presente trabajo de tesis se organiza de la manera siguiente:

En el capítulo I, se presenta la formulación de la hipótesis general y la hipótesis específica que guiarán el estudio, así como el planteamiento del problema. También se especifican las variables a investigar, la metodología utilizada para llevar a cabo el proyecto y las restricciones que delimitan lo que cubre la investigación.

En el capítulo II, Se exponen los antecedentes del estudio y se elabora el marco teórico y conceptual que sirve como base para tratar y sustentar la solución al problema presentado en el estudio.

En el capítulo III, se hace un análisis de los parámetros de diseño y se evalúa las alternativas de aislamiento térmico para este sistema de plataforma sobre rieles.

En el capítulo IV, el diseño mecánico de la plataforma se lleva a cabo considerando la resistencia y rigidez del sistema.

En el capítulo V, se desarrolla la validación a través de simulación por elementos finitos (FEM).

En el capítulo VI, se elaboran las especificaciones técnicas sobre los materiales, procesos de manufactura, montaje, control de calidad y pruebas de funcionamiento.

En el capítulo VII, se lleva a cabo un análisis económico del proyecto para determinar si es económicamente rentable y viable.

Por último, se ofrecen las conclusiones y recomendaciones que resultaron del desarrollo de la tesis, así como los apéndices y la bibliografía utilizada y respaldada en el estudio.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	iii
ÍNDICE	v
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción del Problema.....	1
1.1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.2.1 Problema General.....	5
1.2.2 Problemas Específicos.....	5
1.3 Justificación.....	5
1.3.1 Justificación Técnica.....	5
1.3.2 Justificación Económica.....	6
1.3.3 Justificación Social.....	6
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
1.5 Hipótesis.....	7
1.5.1 Hipótesis General	7
1.5.2 Hipótesis Específicos	7
1.6 Alcances y Limitaciones.....	7
1.6.1 Alcances	7
1.6.2 Limitaciones.....	8
1.7 Variables.....	8
1.7.1 Variables independientes.....	8
1.7.2 Variables dependientes.....	8
1.8 Metodología de la Tesis.....	9
1.8.1 Enfoque de Investigación.....	9
1.8.2 Tipo de Investigación.....	9
1.8.3 Nivel de Investigación.....	9

1.8.4	Diseño de Investigación	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		11
2.1	Antecedentes de la investigación.....	11
2.1.1	Antecedentes internacionales	11
2.1.2	Antecedentes nacionales	12
2.1.3	Antecedentes Locales.....	13
2.2	Bases teóricas del horno tipo paulista.....	15
2.2.1	Definición y clasificación de hornos ladrilleros.....	15
2.2.2	Principio de funcionamiento del horno tipo paulista.....	17
2.2.3	Partes principales del horno tipo Paulista	18
2.2.4	Proceso productivo del ladrillo	19
2.2.5	Limitaciones operativas del horno tipo paulista.....	20
2.3	Sistemas de carguío y descarguío en hornos industriales	20
2.4	Bases teóricas del diseño térmico	21
2.4.1	Transferencia de calor	21
2.5	Análisis estructural	22
2.5.1	Tipos de cargas actuantes.....	22
2.5.2	Esfuerzos mecánicos	23
2.5.3	Flexión y torsión	25
2.5.4	Estructuras estáticamente indeterminadas.....	26
2.5.5	Deformaciones y desplazamientos admisibles	27
2.5.6	Factores de seguridad estructural	27
2.6	Método de los Elementos Finitos (FEM).....	28
2.6.1	Fundamentos del Método de Elementos Finitos	28
2.6.2	Modelado geométrico y mallado.....	28
2.6.3	Condiciones de frontera y cargas aplicadas	29
2.6.4	Criterios de falla.....	29
2.6.5	Validación del diseño mediante simulación FEM.....	30
2.7	Evaluación económica en proyectos mecánicos.....	30
2.7.1	Costos de diseño y fabricación.....	30
2.7.2	Costos de operación y mantenimiento	30
2.7.3	Criterios de evaluación de proyectos	31
2.7.4	Valor Actual Neto (VAN).....	31
2.7.5	Tasa Interna de Retorno (TIR)	32
2.8	Definición de términos básicos.....	32

CAPÍTULO III: ANALISIS DE PARAMETROS DE DISEÑO	33
3.1 Diagnóstico del horno tipo paulista	33
3.1.1 Características del horno tipo paulista	33
3.1.2 Ubicación y condiciones del entorno	35
3.1.3 Características geométricas del horno	35
3.1.4 Limitaciones dimensionales del horno existente y área de operación.....	36
3.1.5 Estado estructural del horno	39
3.1.6 Condiciones operativas del horno tipo paulista.....	40
3.2 Condiciones Térmicas de Diseño	44
3.2.1 Condiciones térmicas de diseño	44
3.2.2 Propiedades térmicas de los materiales	45
3.2.3 Criterios de Temperatura admisible	46
3.2.4 Cálculo y diseño del aislante térmico de la plataforma.....	49
3.2.5 Efectos térmicos en la plataforma	60
3.2.6 Cálculo y selección del sistema de ventilación de la cámara motriz.....	63
3.3 Parámetros de diseño mecánico.....	68
3.3.1 Dimensionamiento de la plataforma	68
3.3.2 Materiales para la Plataforma.....	69
3.3.3 Evaluación de Carga de Diseño	70
CAPÍTULO IV: DISEÑO MECÁNICO DE LA PLATAFORMA	74
4.1 Dimensionamiento de la plataforma.....	74
4.1.1 Configuración estructural de la plataforma	74
4.2 Dimensionamiento y cálculo de vigas transversales	75
4.2.1 Determinación de la deflexión máxima permitido	77
4.2.2 Determinación de momento referencial de inercia.....	78
4.2.3 Determinación de la sección trasversal del travesaño	80
4.2.4 Análisis estático del Travesaño	81
4.2.5 Diagrama de momentos flectores y Fuerzas cortantes	84
4.2.6 Cálculo de deflexión del travesaño	85
4.2.7 Esfuerzo a la flexión y el Cálculo de Factor de Seguridad	85
4.3 Dimensionamiento y cálculo de vigas longitudinales	87
4.3.1 Determinación de la deflexión máxima permitido	88
4.3.2 Determinación de momento referencial de inercia.....	88
4.3.3 Determinación de la sección trasversal de la viga principal.....	90
4.3.4 Análisis estático de la viga longitudinal.....	90

4.3.5	Diagramas de Fuerza cortante y momento flector.....	92
4.3.6	Cálculo de deflexión de la viga longitudinal.....	92
4.3.7	Esfuerzo a flexión y Cálculo del Factor de Seguridad.....	93
4.4	Cálculo de uniones soldadas.....	94
4.4.1	Cálculo para el metal de aporte.....	96
4.4.2	Código de la unión para el metal de aporte.....	98
4.4.3	Cálculo para el metal de unión.....	98
4.5	Dimensionamiento y cálculo de ruedas.....	99
4.6	Dimensionamiento y cálculo de eje.....	104
4.6.1	Cargas actuantes en el eje.....	104
4.6.2	Estimación de diámetros de ejes.....	109
4.6.3	Segunda estimación de diámetros.....	113
4.6.4	La resistencia del eje de acuerdo a la norma CMAA 70.....	117
4.7	Selección y cálculo de rodamiento.....	120
4.7.1	Selección de la Arandela de fijación MB y la Tuerca de fijación KM.....	122
4.7.2	Selección de Reten Radial para eje.....	123
CAPÍTULO V: SIMULACIÓN NUMÉRICA.....		125
5.1	Cálculo de la Viga Transversal por Elementos Finitos.....	126
5.1.1	Modelado Geométrico Del Sistema.....	126
5.1.2	Definición de propiedades de sección y materiales.....	126
5.1.3	Condiciones de borde y cargas aplicadas.....	128
5.1.4	Simulación Mediante FEM.....	129
5.2	Cálculo de la Viga Principal por Elementos Finitos.....	131
5.2.1	Modelado Geométrico Del Sistema.....	131
5.2.2	Definición de propiedades de sección y materiales.....	131
5.2.3	Condiciones de borde y cargas aplicadas.....	133
5.2.4	Simulación Mediante FEM.....	135
5.3	Cálculo de la Rueda por Elementos Finitos.....	137
5.3.1	Definición de propiedades de sección y materiales.....	137
5.3.2	Condiciones de borde y cargas aplicadas.....	137
5.3.3	Simulación Mediante FEM.....	139
5.4	Cálculo del Soporte de Rueda por Elementos Finitos.....	141
5.4.1	Definición de propiedades de sección y materiales.....	141
5.4.2	Condiciones de borde y cargas aplicadas.....	141
5.4.3	Simulación Mediante FEM.....	143

5.5	Cálculo de la Plataforma sobre rieles por Elementos Finitos	145
5.5.1	Definición de propiedades de sección y materiales.....	145
5.5.2	Condiciones de borde y cargas aplicadas	146
5.5.3	Simulación Mediante FEM	147
5.6	Resultados y Discusión.....	149
CAPÍTULO VI: ESPECIFICACIONES TECNICAS		151
6.1	Especificaciones Técnicas De Materiales.....	151
6.1.1	Materiales del sistema de rieles.....	151
6.1.2	Materiales del conjunto rueda	152
6.1.3	Materiales de la plataforma	158
6.1.4	Materiales para el aislamiento.....	158
6.1.5	Accesorios de fijación	160
6.1.6	Soldaduras y consumibles	163
6.1.7	Revestimientos y protección superficial	165
6.2	Especificaciones Técnicas De Fabricación.....	165
6.2.1	Presupuesto y Cronograma del Proyecto	165
6.2.2	Planos de Fabricación	170
6.2.3	Procesos de instalación de riel	171
6.2.4	Procesos de fabricación del conjunto rueda	173
6.2.5	Procesos de fabricación de la plataforma.....	181
6.2.6	Procesos de asentamiento del aislante térmico.....	183
6.2.7	Procedimientos de soldadura.....	185
6.2.8	Inspección y control de calidad de fabricación	186
6.3	Ensamble de la Plataforma Sobre Rieles	196
6.3.1	Preparación del área de montaje.....	196
6.3.2	Montaje del sistema de rodaje.....	196
6.3.3	Montaje de la estructura de la plataforma	197
6.3.4	Alineamiento y nivelación del sistema.....	198
6.3.5	Verificación de holguras y tolerancias	198
6.4	Pruebas de Funcionamiento.....	199
6.4.1	Pruebas en vacío.....	199
6.4.2	Pruebas con carga nominal.....	200
6.4.3	Evaluación del comportamiento estructural y funcional	201
6.4.4	Criterios de aceptación y seguridad operativa.....	202
6.5	Resultados y discusión de las pruebas	203

CAPÍTULO VII: ANÁLISIS ECONÓMICO.....	204
7.1 Costo de inversión	204
7.1.1 Costo de materiales	204
7.1.2 Costo mano de obra.....	206
7.1.3 Costo de equipo y servicios.....	206
7.1.4 Costos de equipos de protección personal.....	207
7.2 Flujos de caja para la evaluación del proyecto	208
7.2.1 Ingresos y egresos	208
7.3 Tasa de interés anual.....	210
7.4 Impuestos.....	210
7.5 Flujo de caja proyectado.....	211
7.6 Rentabilidad del proyecto.....	212
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	213
8.1 Conclusiones.....	213
8.2 Recomendaciones	215
BIBLIOGRAFÍA	217
ANEXOS	219
ANEXO A: FIGURAS	219
ANEXO B. TABLAS	224
ANEXO C: PLANOS DEL DISEÑO DE LA PLATAFORMA SOBRE RIELES.....	234
ANEXO D: PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE PROYECTO	248
ANEXO E: SELECCIÓN Y FICHAS TÉCNICAS DE MATERIALES	269
ANEXO F: PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE.....	276

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo del ciclo que quema de los hornos	4
Tabla 2. Dimensiones generales del horno	35
Tabla 3. Dimensiones del horno tipo paulista.....	37
Tabla 4. Evaluación cualitativa del estado estructural.....	39
Tabla 5 Rangos de temperatura del horno	44
Tabla 6. Condiciones térmicas de operación	44
Tabla 7. Propiedades térmicas de materiales considerados.	45
Tabla 8. Conductividad Térmica de la Arcilla de San Pablo – Canchis.....	46
Tabla 9. Propiedades del Acero a Temperaturas Elevadas	46
Tabla 10. Límite de temperatura para el rodamiento	47
Tabla 11. Cuadro comparativo técnico de las propuestas de aislamiento térmico.	59
Tabla 12. Dilatación en la plataforma sobre rieles	62
Tabla 13. Dimensiones geométricas preliminares de la plataforma	69
Tabla 14. Materiales estructurales propuestos	70
Tabla 15. Materiales del aislamiento térmico	71
Tabla 16. Peso a transportar en la plataforma.....	101
Tabla 17. Resultado de la viga transversal.....	149
Tabla 18. Resultado de la viga Principal	149
Tabla 19. resultados de simulación del sistema de la plataforma	150
Tabla 20. Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36.	152
Tabla 21. Propiedades mecánicas de acero AISI 4140	153
Tabla 22. Propiedades mecánicas de acero AISI 4340.....	154

Tabla 23. Datos técnicos de Manta de Fibra Cerámica.	159
Tabla 24. Perno Expansivo de ¾"x4"	160
Tabla 25. Resumen del Presupuesto del Proyecto.	166
Tabla 26. Plantilla de sustento de Metrados.	167
Tabla 27. Avance Programa por Semana.....	170
Tabla 28. Lista de Planos para la Fabricación de la Plataforma sobre rieles.....	171
Tabla 29. Cuadro comparativo del ciclo que quema del horno con y sin plataforma.....	203
Tabla 30. Costo de materiales.....	205
Tabla 31. Costo mano de obra	206
Tabla 32. Costo de Equipos y Servicios.	206
Tabla 33. Costo de Equipos de Protección Personal – EPP's.....	207
Tabla 34. Resumen de costo de proyecto.....	208
Tabla 35. Flujo de Caja Actual - Sin Plataforma - Año 2024.....	209
Tabla 36. Flujo de Caja Proyectado - Con Plataforma – Año 2025 - 2029	210
Tabla 37. Flujo de caja proyectado	212

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Horno tipo paulista, en San Jerónimo.....	2
Figura 2. Horno Móvil en San Jerónimo.	3
Figura 3. Ciclo de producción de quema en el horno ladrillero.....	18
Figura 4. Componentes del horno Paulista.	19
Figura 5. Carro de transferencia.....	21
Figura 6. Componentes del esfuerzo.....	23
Figura 7. Barra prismática en tensión.	24
Figura 8. Fuerza cortante V y momento flector M en la viga.....	26
Figura 9. Vista general del horno ladrillero tipo paulista existente	33
Figura 10. Proceso manual de carga y descarga del horno	34
Figura 12. Esquema dimensional del horno existente	36
Figura 13. Vista frontal del Horno tipo paulista	37
Figura 14. Dimensiones finales del horno	38
Figura 15. Esquema del horno tipo paulista.....	39
Figura 16. Tablero de indicadores de temperatura.....	41
Figura 17. Curva de Temperatura vs tiempo	42
Figura 18. Temperatura de pared exterior.....	43
Figura 19. Temperatura de puertas	43
Figura 20. Concepto del semáforo de SKF: grasas.....	48
Figura 21. Esquema de la plataforma sobre rieles	49
Figura 22. Propuesta N°1 de aislamiento del calor.....	50
Figura 23. Área del ladrillo bloquer 12x30x20cm ³	51

Figura 24. Área de ladrillo S K-K de $14 \times 24 \times 9 \text{cm}^3$	52
Figura 25. Esquema de la red de resistencia térmica de la propuesta N°1	54
Figura 26. Propuesta N°2 de aislamiento del calor.....	55
Figura 27. Propuesta de ubicación del ladrillo S K-K y la manta cerámica.	56
Figura 28. Esquema de la red de resistencia térmica de la propuesta N°2	57
Figura 29. Esquema del dimensionamiento de la plataforma sobre rieles.....	60
Figura 30. Esquema de la cámara motriz de la plataforma.....	64
Figura 31. Modelos de ventiladores helicoidales para el sistema de ventilación.	66
Figura 32. Características técnicas del ventilador THT-45-2/4T-3-18°-F-300 60HZ	67
Figura 33. Características técnicas del motor del ventilador.	67
Figura 34. Dimensiones generales del ventilador helicoidal.	68
Figura 35. Prototipo de plataforma sobre rieles.....	74
Figura 36. Vigas transversales del diseño de la plataforma.....	75
Figura 37. Esquema de la viga transversal.....	76
Figura 38. Esquema estructural con cuatro apoyos fijos	77
Figura 39. D.C.L. de la viga transversal.	78
Figura 40. D.C.L. de tramo interior de la viga lateral.....	79
Figura 41. Sección transversal del perfil $C4 \times 5.4 \text{ lb/ft}$, de la viga.....	80
Figura 42. D.C.L. de la viga transversal	81
Figura 43. D.C.L. para cálculo de viga hiperestática.....	81
Figura 44. Diagrama de fuerzas cortantes (kN) y los momentos flectores (kN.m).	84
Figura 45. Deflexión de la viga transversal (mm).	85
Figura 46. Esquema de la viga longitudinal o principal	87

Figura 47. D.C.L. de Viga Principal	87
Figura 48. D.C.L. de la viga longitudinal.	88
Figura 49. Pendientes y Deflexiones de vigas simples.	89
Figura 50. Sección transversal del perfil $C4 \times 5.4 \text{ lb/ft}$, de la viga.....	90
Figura 51. D.C.L. de la viga principal	91
Figura 52. Diagramas de fuerzas cortantes (kN) y los momentos flectores (kN.m).....	92
Figura 53. Deflexión de la viga longitudinal (mm).	93
Figura 54. Unión de la viga principal y viga transversal.	95
Figura 55. Sección transversal del perfil $C4 \times 5.4 \text{ lb/ft}$	95
Figura 56. Esquema de la soldadura para el perfil $C4 \times 5.4 \text{ lb/ft}$	96
Figura 57. Perfil americana Riel 30 lb-Yd - 55Q.....	102
Figura 58. Análisis Dinámico de plataforma sobre las ruedas.....	105
Figura 59. Fuerzas que actúan sobre la Rueda.....	105
Figura 60. Esquema de la distribución de la carga.	107
Figura 61. D.C.L. del eje de la rueda.	108
Figura 62. Diagrama de Momento Flector, Fuerzas Cortantes y torque del eje.	109
Figura 63. Factor de Concentración de Esfuerzo para Concentraciones <i>Kt</i>	114
Figura 64. Factor de concentración de esfuerzos en torsión <i>Kts</i>	115
Figura 65. Grafica de sensibilidad de la muesca en flexión <i>q</i>	115
Figura 66. Grafica de sensibilidad de la muesca en torsión <i>q</i> cortante.....	116
Figura 67. Arandela de fijación MB y Tuerca de fijación KM (SKF).....	123
Figura 68. Reten radial del eje.	124
Figura 69. Modelado de la plataforma sobre rieles y aislante térmico.	125

Figura 70. Modelado de la plataforma sobre rieles.....	125
Figura 71. Viga transversal C4x5.4.	126
Figura 72. Propiedades de sección del perfil C4x5.4.....	127
Figura 73. Propiedades del material de acero estructural ASTM A-36.....	127
Figura 74. Viga hiperestática C4x5.4 con 4 apoyos.	128
Figura 75. Carga aplicada a lo largo de la viga.....	128
Figura 76. Detalle de mallado de la Viga.	129
Figura 77. Diagrama de Fuerzas cortantes y Momentos Flectores.	130
Figura 78. Fuerzas de Reacción de la viga.	130
Figura 79. Viga principal C4x5.4.	131
Figura 80. Propiedades de sección del perfil C4x5.4.....	132
Figura 81. Propiedades del material de acero estructural ASTM A-36.....	132
Figura 82. Viga hiperestática C4x5.4 con 4 apoyos.	133
Figura 83. Carga aplicada a lo largo de la viga.....	134
Figura 84. Detalle de mallado de la Viga.	135
Figura 85. Diagrama de Fuerzas cortantes y Momentos Flectores.	136
Figura 86. Fuerzas de Reacción de la viga.	136
Figura 87. Propiedades del material de acero estructural SAE 4340.....	137
Figura 88. Rueda con 2 apoyos de los rodamientos.....	138
Figura 89. Carga aplicada a lo largo de la viga.....	138
Figura 90. Detalle de mallado de la Rueda.	139
Figura 91. Deformación total.....	140
Figura 92. Fuerzas de Reacción de la viga.	140

Figura 93. Propiedades del material de acero estructural ASTM A-36.....	141
Figura 94. Rueda con 2 apoyos de los rodamientos.....	142
Figura 95. Carga aplicada a lo largo de la viga.....	142
Figura 96. Detalle de mallado de la Rueda.	143
Figura 97. Deformación total.....	144
Figura 98. Fuerzas de Reacción de la viga.	144
Figura 99. Propiedades del material de acero estructural ASTM A-36.....	145
Figura 100. Plataforma con 12 apoyos en las ruedas.....	146
Figura 101. Carga aplicada a lo largo de la viga.....	146
Figura 102. Detalle de mallado de la Plataforma sobre rieles.	147
Figura 103. Deformación total.....	148
Figura 104. Esfuerzos en la plataforma.	148
Figura 105. Perfil americana Riel 30 lb-Yd - 55Q.....	151
Figura 106. Soporte de Rueda fabricado de acuerdo a plano MC-PT-106.....	153
Figura 107. Especificaciones técnicas de Rodamiento de Rodillos 30310.....	154
Figura 108. Especificaciones técnicas de Arandela de Fijación MB10.....	155
Figura 109. Especificaciones técnicas de Tuerca de Fijación KM 10.	155
Figura 110. Especificaciones técnicas de 6.1.2.7 Sello radial 45x65x8 CRW1 V.	156
Figura 111. Placa de tope del eje de rueda.....	156
Figura 112. Grasa LGHP 2/0.4 SKF.....	157
Figura 113. Sección transversal del perfil C 3x4.1 y C4 × 5.4 <i>lb/ft</i> , de la viga.....	158
Figura 114. Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36.....	158
Figura 115. Rollo de Manta de Fibra Cerámica.....	159

Figura 116. Perno estructural ASTM A-325.....	161
Figura 117. Arandela de Presión.....	161
Figura 118. Arandela Normal	162
Figura 119. Tuerca Estructural.	162
Figura 120. Electrodo 7018 – 4.00 mm de Soldexa.....	163
Figura 121. Discos de Desbaste y de Corte de 4½” y 7”.....	164
Figura 122. Escobilla de Copa de 3”	164
Figura 123, Disolvente, Base Zicromato y Esmalte para Recubrimiento superficial.	165
Figura 124. Resumen del Cronograma de la Ejecución del Proyecto.....	168
Figura 125. Grafica de la Curva “S” de la Ejecución del Proyecto.	169
Figura 126. Esquema de instalación del riel con separación para dilatación.....	173
Figura 127. Corte por arco de plasma.....	173
Figura 128. Limpieza con Amoladora y cepillo de alambre trenzado de 3".	174
Figura 129.Enroscado de la plancha con Macho de roscar de ½”-13UNC	174
Figura 130. Armado del soporte de rueda.....	175
Figura 131. Armador de los alerones del soporte de rueda.....	175
Figura 132. Proceso de Limpieza y biselado para la Soldadura de Soporte de Rueda.	176
Figura 133. Proceso de Soldadura del Soporte de rueda.	177
Figura 134. Tapa de Rueda después de Torneado.	178
Figura 135. Placa de Tope después de corte en Plasma.....	179
Figura 136. Conjunto sobre el eje y la rueda.	180
Figura 137. Ensamble del conjunto rueda.....	181
Figura 138. Preparado y corte de Vigas transversales.	182

Figura 139. Preparado y corte de vigas principales	182
Figura 140. Armado y puenteo de las vigas principales y transversales de 4 cuerpos.	183
Figura 141. Asentado de Ladrillo Bloquer.	185
Figura 142. Control dimensional de canal U, con micrómetro y vernier.	187
Figura 143. Control dimensional de agujeros con vernier.	188
Figura 144. Control dimensional de las panchas del soporte de rueda.	188
Figura 145. Control dimensional de espesores de planchas.	189
Figura 146. Control con medidor de espesor de materiales por ultrasonido.	189
Figura 147. Kit de inspección de Soldadura GAL CAT-12.	190
Figura 148. Inspección con Medidor para filete de Soldadura.	191
Figura 149. Inspección con Brigdecam y Espejo telescópico.	191
Figura 150. Kit de Líquidos Penetrantes Cantesco	192
Figura 151. Limpieza mecánica con escobilla tipo copa con amoladora.	193
Figura 152. Limpieza de la Superficie con Cleaner.	193
Figura 153. Aplicación del penetrante en el cordón de soldadura del soporte de rueda.	194
Figura 154. Aplicación del revelador en el cordón de soldadura del soporte de Rueda.	194
Figura 155. Aplicación del Penetrante en los cordones de soldadura de la plataforma.	194
Figura 156. Aplicación del revelador en los cordones de soldadura de la plataforma.	195
Figura 157. Medición de recubrimiento superficial con medidor de espesor de pintura.	195
Figura 158. Izaje de la plataforma sobre rieles	197
Figura 159. Prueba en Vacío de la Plataforma.	200
Figura 160. Carguío de ladrillo en la Plataforma sobre rieles.	201
Figura 161. Evaluación del comportamiento estructural de la plataforma.	202

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

La actividad de elaboración de los ladrillos ha estado establecida alrededor de dos décadas en el distrito de San Jerónimo. En los últimos años, las empresas dedicadas a esta actividad han introducido innovaciones tecnológicas en sus procesos de producción, incorporando maquinaria semiindustrial e industrial. Estas máquinas son fabricadas en talleres cercanos a las fábricas de ladrillos, algunas de ellas importadas de Brasil y de marcas reconocidas como MS Souza, Bertan, Natreb y Man, entre otras.

Para la cocción de los ladrillos, no se contó con la misma perseverancia y mejorar tecnológicamente, hasta el año 2017 la Municipalidad Distrital de San Jerónimo identificó un total de 168 empresas en plena operación, que se dedican a la producción de los productos cerámicos (ladrillos) en las comunidades de Pillao Matao, Sucso Auccaylle y Pícol Orcompujio, por su parte la OEFA encontró 330 Hornos de tiro vertical (tipo parrilla)¹ de tres formas (Rectangular, Circular y Cuadrado) (OEFA, 2018).

Para el año 2025, las unidades productivas disminuyeron, así como los hornos de tiro vertical, en estos últimos años la implementación tecnológica se realizó en algunas unidades productivas con la implementación de Hornos tipo Paulistas y Hornos tipo Móvil Metálico.

El *horno de tiro vertical* se clasifica como intermitente por el tipo de proceso, todo el ciclo de la cocción se realiza en aproximadamente en 48 horas, 6 horas de carguío, 12 horas de

¹ **Horno tipo vertical (parrilla):** Son hornos de operación tipo intermitente y/o de tiro vertical o ascendente que son utilizados para producir ladrillos artesanales en algunas zonas del país, una de las zonas importantes en Cusco. (OEFA, 2018)

calentamiento del horno, 12 horas de quemado y de 12 a 24 horas para su enfriamiento y descargue, su capacidad es de 7 mil a 9 mil ladrillos Super King Kong por ciclo.

El *horno tipo Paulista* se clasifica como intermitente por el tipo de proceso, todo el ciclo de la cocción se realiza en aproximadamente en **60 horas**, 12 horas de carguío, 12 horas de calentamiento del horno, 12 horas de quemado y de 24 horas para su enfriamiento y descargue, su capacidad es de 18 mil a 20 mil ladrillos Super King Kong por ciclo.

Figura 1. Horno tipo paulista, en San Jerónimo.



Nota: Elaboración Propia

El *horno tipo Móvil Metálico* se clasifica como semicontinuo por el tipo de proceso todo el ciclo de la cocción se realiza en aproximadamente en **36 horas**, 12 horas de calentamiento del horno, 12 horas de quemado y de 6 horas para su enfriamiento, acelerar el enfriamiento se puede retirar el horno y para el carguío y descarguío se puede hacer mientras el horno va realizando el

ciclo que cocción, su capacidad es de 5 mil a 6 mil ladrillos Super King Kong por quemador, En el distrito de San Jerónimo existen estos hornos con 4 y 6 quemadores.

Figura 2. Horno Móvil en San Jerónimo.



Nota: Elaboración Propia

Aunque cada empresa ladrillera opera con sus propios tiempos, el análisis comparativo de los tres hornos más usados muestra que la duración del ciclo de quema varía notablemente entre ellos, lo cual se debe a la eficacia y al diseño de cada sistema. Esta información posibilita definir una línea base del proceso, al determinar que el horno de tipo paulista tiene tiempos más largos y, por ende, más oportunidades para mejorar la productividad. Esto sirve como punto de comparación para valorar el impacto de soluciones como la puesta en marcha de la plataforma sobre rieles.

Tabla 1. Cuadro comparativo del ciclo que quema de los hornos

Ciclo de Producción	Horno		
	Tiro Vertical	Tipo Paulista	Móvil Metálico
1 Carguío [h]	6	8	1
2 Calentado [h]	12	16	12
3 Quema [h]	12	12	12
4 Enfriamiento [h]	10	18	6
5 Descarguío [h]	4	6	1
Total [h]	44	60	32
<i>Cantidad de Ladrillos Por ciclo de quema</i>	<i>9,000.00</i>	<i>20,000.00</i>	<i>30,000.00</i>

Nota: Elaboración Propia

1.1.1 Planteamiento del Problema

El horno tipo paulista utilizado en la producción de ladrillos presenta una limitada capacidad productiva, originada principalmente por la ausencia de un sistema mecanizado de carguío y descarguío de ladrillos. Todavía, estas operaciones se realizan manualmente, lo que genera tiempos largos de carga y descarga, elevado esfuerzo físico del personal y restricciones operativas para incrementar la cantidad de ladrillos por ciclo de producción. Además, a causa de las temperaturas elevadas que se producen después del proceso de quema, el equipo tiene que esperar mucho tiempo antes de entrar al horno y hacer la descarga, lo cual aumenta los periodos improductivos del sistema. Esta condición ocasiona una baja productividad del proceso y limita la capacidad de atención de una mayor demanda. En este contexto, resulta evidente que es necesario implementar una solución mecánica que mejore el sistema de carga y descarga, que permita reducir los tiempos de producción, mejorar la continuidad del proceso productivo y aprovechar el calor residual existente en el horno, sin modificar sus condiciones actuales del horno tipo paulista.

1.2 Formulación del Problema

Por lo antes citado, la formulación del problema sería de la siguiente manera:

1.2.1 *Problema General*

- ✓ El horno tipo paulista (estático-convencional) tiene un problema de producción limitada, debido a que el proceso de carga y descarga de ladrillos se realiza manualmente.

1.2.2 *Problemas Específicos*

- ✓ ¿Qué criterios de diseño se deberán considerar para el análisis de las cargas térmicas y dilatación térmica para el diseño de la plataforma sobre rieles?
- ✓ ¿Es posible analizar de forma analítica la plataforma sobre rieles, donde se pueda apreciar los esfuerzos y factores de seguridad a los que será sometido?
- ✓ ¿El diseño del sistema mecanizado cumple con los límites permitidos según la simulación FEM?
- ✓ ¿Es factible económicamente implementar el diseño del sistema mecanizado por la unidad productiva que tienen un horno tipo paulista estático-convencional?

1.3 Justificación

1.3.1 *Justificación Técnica*

El diseño de una plataforma sobre rieles automatiza el carguío y descarguío del horno tipo paulista de LATESAN, disminuye los tiempos de inactividad y optimiza la continuidad operativa, sin alterar la estructura ni las condiciones térmicas del horno. El sistema asegura una operación segura y confiable a través de criterios de diseño mecánico, térmico y validación por elementos finitos (FEM).

1.3.2 Justificación Económica

La disminución del ciclo productivo de 60 a 30 horas aumenta la capacidad de producción y facilita la utilización del calor residual del horno, reduciendo así el consumo de combustible. Esto ocasiona reducción en los costos de producción, mayor productividad y rentabilidad para la empresa LATESAN, evaluadas mediante un VAN y TIR positivos.

1.3.3 Justificación Social

La mecanización disminuye el esfuerzo físico y la exposición a temperaturas elevadas del personal, optimizando la seguridad, la ergonomía y las condiciones laborales. Esto aminora los riesgos operacionales y mejora la sostenibilidad social de la empresa LATESAN en San Jerónimo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- ✓ Diseñar y construir una plataforma sobre rieles con capacidad de 20 000 ladrillos aplicado al horno tipo paulista.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Analizar el diseño térmico al cual es afectado la plataforma sobre rieles, según los criterios de diseño.
- ✓ Desarrollar el diseño mecánico de la plataforma sobre rieles aplicando los criterios de diseño, que garanticen su resistencia y funcionalidad.
- ✓ Verificar el comportamiento mecánico de la plataforma sobre rieles bajo condiciones reales de carga utilizando la simulación FEM.
- ✓ Realizar el análisis económico para la implementación del diseño de la plataforma sobre rieles en el horno paulista estático-convencional, estimando el VAN y el TIR.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

- ✓ Si se implementa una plataforma sobre rieles con criterios de diseño mecánico y térmico adecuados, entonces se reducirá el tiempo de operación y se incrementará la productividad del horno tipo Paulista.

1.5.2 Hipótesis Específicos

- ✓ El correcto diseño térmico, donde no se vea significativamente afectado por la transferencia de calor y dilatación térmica el sistema de plataforma sobre rieles.
- ✓ El correcto diseño mecánico de la plataforma sobre rieles garantiza un comportamiento seguro durante su operación, frente a las cargas de servicio.
- ✓ El diseño mecánico de la plataforma sobre rieles cumple con los límites establecidos en la simulación FEM bajo condiciones de carga reales.
- ✓ El proyecto es viable si el VAN es positivo y la TIR supera la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR).

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances

- ✓ El presente diseño será aplicado para un horno tipo paulista.
- ✓ Se realiza el diseño y análisis de una plataforma sobre rieles destinada al carguío y descarguío de ladrillos para un horno tipo paulista (estático-convencional) existente, y será construido conforme a los planos, especificaciones técnicas establecidas en el estudio.

1.6.2 Limitaciones

- ✓ No se considera el rediseño, modificación estructural ni mejora térmica del horno tipo paulista existente, sistema de combustión, aislamiento térmico ni control térmico del horno, manteniéndose inalteradas sus condiciones constructivas y de operación.
- ✓ El presente estudio se limita a un horno tipo paulista estático-convencional de capacidad de 20 000 ladrillos.
- ✓ La validación del diseño se lleva a cabo a través de la simulación FEM y el análisis analítico, sin tener en cuenta pruebas instrumentadas a escala industrial.
- ✓ El estudio se enfoca únicamente en el diseño mecánico de la plataforma sobre rieles, no se presentará ni el cálculo ni el diseño de la cimentación.
- ✓ No se realiza el cálculo de vibraciones, debido a que la plataforma sobre rieles opera de forma estática y se traslada a muy bajas velocidades.

1.7 Variables

1.7.1 Variables independientes

- ✓ Implementación de la Plataforma sobre rieles para optimizar el proceso de carga y descarga del horno.

1.7.2 Variables dependientes

- ✓ Criterios de diseño mecánico y térmico.
- ✓ Medida por tiempo de carga/descarga.
- ✓ Rendimiento y eficiencia operativa.

1.8 Metodología de la Tesis

1.8.1 Enfoque de Investigación

El presente estudio se realiza bajo un **enfoque cuantitativo**, ya que se basa en el estudio de variables que pueden ser medidas, como las deformaciones, los costos económicos, las cargas, los esfuerzos y los factores de seguridad. Este enfoque facilita la evaluación objetiva del comportamiento mecánico de la plataforma sobre rieles a través de simulaciones FEM (ANSYS) y métodos analíticos.

1.8.2 Tipo de Investigación

La investigación es de **tipo aplicada**, pues está dirigida a solucionar un problema técnico particular. Esto se logra a través del diseño, análisis y creación de una plataforma sobre rieles para el horno tipo paulista que mejore el procedimiento de carga y descarga de ladrillos. La finalidad del conocimiento generado es práctica, con el objetivo de optimizar la productividad y la eficiencia operacional del sistema actual.

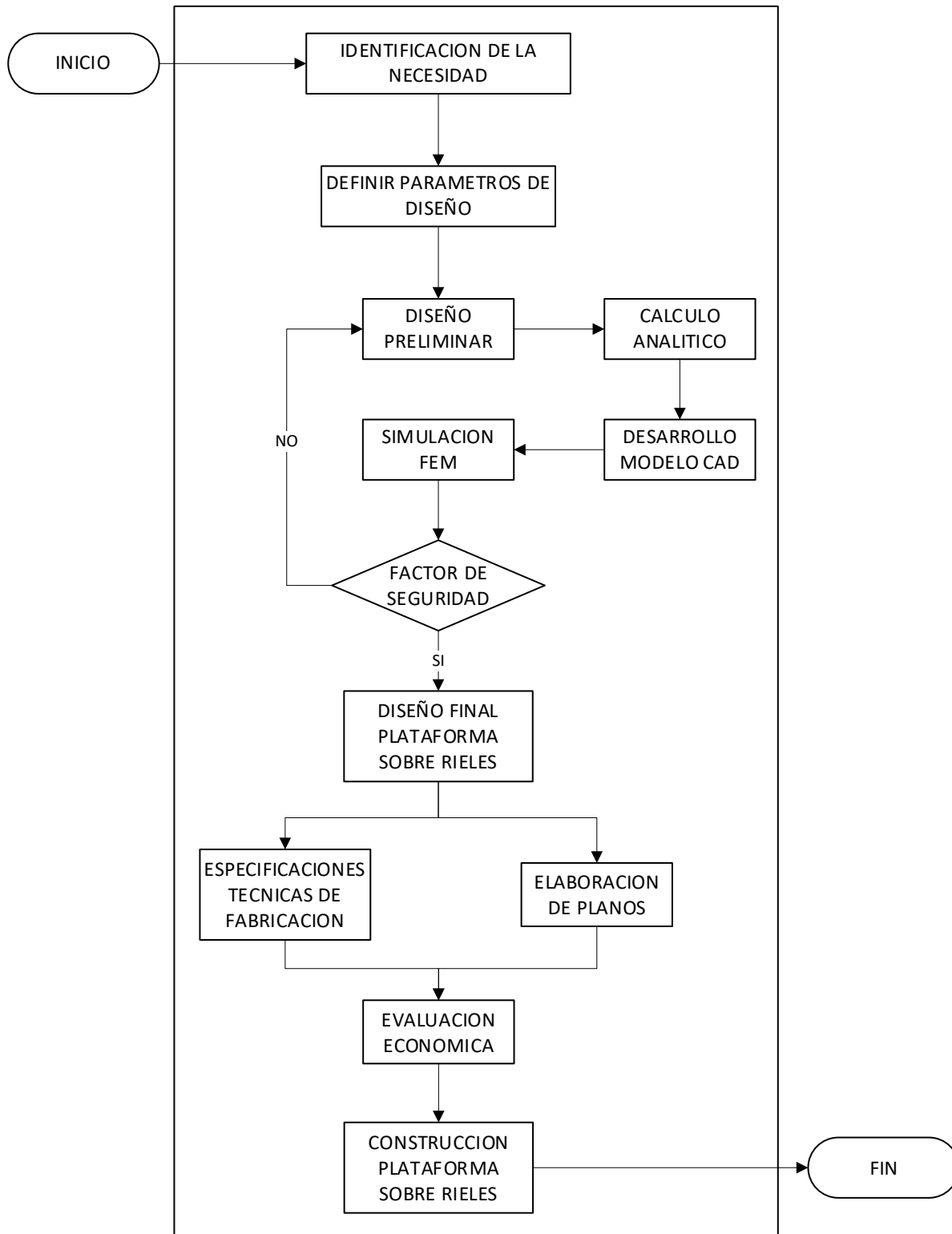
1.8.3 Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es **diseño tecnológico/ingeniería**, porque se estudian las correlaciones entre la causa y el efecto entre el diseño del sistema mecanizado y su comportamiento mecánico, además de cómo afecta a la disminución de los tiempos de operación y a la productividad del horno. Asimismo, se anticipa el rendimiento estructural de la plataforma antes de que sea construida e implementada a través de simulaciones FEM.

1.8.4 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es **no experimental**, pues las variables no son manipuladas intencionadamente, sino que se estudian en función de las condiciones reales del funcionamiento del horno tipo paulista existente.

El procedimiento metodológico comprende las siguientes etapas:



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según Valls, Carlos (2017), en su proyecto de investigación titulado “Diseño y cálculo de una plataforma motorizada móvil para trasladar un equipo de elevación comercial dentro de los carriles de una nave industrial para labores de mantenimiento”, sustentado en la ciudad de Valencia, se plantea el diseño de una plataforma transportadora destinada al traslado de una máquina elevadora para la ejecución de trabajos de mantenimiento. El sistema de desplazamiento de la plataforma se realiza mediante ruedas, de las cuales dos son motrices y accionadas por un motorreductor, permitiendo así su movilidad controlada sobre los carriles. Asimismo, la plataforma está diseñada para soportar una máquina elevadora, ya sea del tipo cesta o tipo tijera, facilitando la realización de diversas tareas de mantenimiento, tales como el cambio de luminarias, la limpieza de sistemas de ventilación y de superficies acristaladas dentro de la nave industrial. En conclusión, el estudio demuestra la viabilidad del diseño de una plataforma motorizada como solución eficiente para optimizar las labores de mantenimiento en espacios industriales, mejorando la seguridad operativa y la accesibilidad a zonas elevadas.

Según Sepúlveda, María C. (2025), en su proyecto de investigación titulado “Diseño de un carro de transferencia motorizado para el transporte de metal fundido en Fundición Las Rosas: análisis y desarrollo de propuesta de diseño bajo condiciones operativas reales”, sustentado en la ciudad de Santiago de Chile, presenta el diseño de un sistema de transporte motorizado para el traslado de cucharas de metal fundido, orientado a optimizar el proceso de fundición y disminuir los riesgos del método actual basado en grúas horquilla. A partir del análisis de limitaciones operativas y de seguridad, se propone un carro motorizado sobre rieles,

compatible con la infraestructura existente, de bajo costo y mayor confiabilidad. Este sistema conecta el área secundaria con la zona de fusión, mejorando la continuidad del proceso y aumentando la frecuencia de uso del horno. En conclusión, la propuesta incrementa la eficiencia operativa y la seguridad laboral.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Siccha, Geovani E. (2023), en su proyecto de investigación titulado “Modelación de un vagón de transferencia de 80 toneladas de capacidad para el transporte de barras de construcción”, sustentado en la ciudad de Nuevo Chimbote, Perú, se desarrolla el diseño de un sistema de transporte enfocado en la optimización del proceso logístico en la industria siderúrgica. El estudio se centra en la mejora del transporte de barras de construcción, motivado por el incremento de la demanda y la competitividad del sector, lo que llevó a la empresa SiderPerú a implementar proyectos orientados a la mejora continua de sus procesos logísticos. En este contexto, el principal aporte consiste en el diseño de un carro transferidor con una capacidad de 80 toneladas. Asimismo, en el desarrollo de este proyecto se evidencia la realización de cálculos analíticos y estructurales de los sistemas críticos, junto con el diseño y evaluación del mecanismo de traslación. Posteriormente, se aplicó el método de elementos finitos mediante el uso del software SolidWorks Simulation, con el fin de evaluar el comportamiento de los componentes sometidos a condiciones de carga crítica. En conclusión, el proyecto evidencia que el diseño y validación estructural de un vagón de transferencia permite mejorar la eficiencia del transporte interno de materiales, garantizando la seguridad y confiabilidad operativa del sistema.

Según Benavides, Freddy W. y Chorres, Brajhan J. (2025), en su proyecto de investigación titulado “Diseño y modelado de un sistema estructural móvil para transportar componentes metálicos de carga máxima de 10 toneladas”, sustentado en la ciudad de Nuevo Chimbote, Perú,

se desarrolla el diseño de un sistema de transporte móvil orientado al traslado de perfiles de acero. El estudio se centra en el diseño de un carro de transferencia con capacidad de 10 toneladas, el cual actúa como medio para optimizar el transporte interno de componentes metálicos. Para ello, se llevó a cabo el cálculo estructural del sistema, con el propósito de verificar su resistencia y capacidad de carga bajo condiciones operativas. Asimismo, se evaluó la potencia requerida para el accionamiento del carro, garantizando su adecuado desempeño durante el proceso de traslado. En conclusión, el proyecto demuestra la viabilidad del diseño de un carro de transferencia como solución eficiente para el transporte de materiales pesados, asegurando la integridad estructural y la funcionalidad del sistema.

2.1.3 Antecedentes Locales

En el año 2008, el Programa Regional de Aire Limpio (PRAL) y el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), a través de la consultoría denominada “Estudio de definición de tipo de horno apropiado para el sector ladrillero”, cuyo objetivo fue: “Diseñar un horno ladrillero de tecnología intermedia que logre cocciones uniformes, sea técnicamente eficiente, reduzca la contaminación y pueda ser fácilmente manejable”, de donde propusieron la implementación de un horno semicontinuo de cámaras múltiples como alternativa tecnológica para mejorar la eficiencia del proceso de cocción.

Este sistema fue diseñado con una capacidad de producción de aproximadamente 120,000 ladrillos mensuales, distribuidos en seis ciclos de quema de 20,000 ladrillos cada uno, considerando una carga de 5,000 ladrillos por cámara, con una inversión estimada de S/ 28,673.00.

Dicho horno fue construido en la empresa LATESA; sin embargo, a la fecha no se encuentra en operación, evidenciando que la tecnología no logró consolidarse en el contexto

productivo local. Esta propuesta no abordó de manera integral otras limitaciones del proceso productivo, como la mecanización del transporte interno y la optimización de tiempos operativos, lo que dificultó su adaptación a las condiciones reales de las ladrilleras de San Jerónimo y explica su desuso en la actualidad.

En el año 2012, el proyecto Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales (EELA) presentó el horno de tiro invertido como una alternativa tecnológica viable para promover buenas prácticas ambientales en el sector ladrillero.

Este tipo de horno fue propuesto con el objetivo de mejorar la eficiencia térmica del proceso de cocción, reducir el consumo de combustible y disminuir las emisiones contaminantes generadas durante la quema de ladrillos.

Sin embargo, en la actualidad, no se evidencia la adopción generalizada de esta tecnología por parte de las empresas ladrilleras de la zona, las cuales continúan utilizando mayoritariamente hornos tradicionales. Esta situación pone de manifiesto la existencia de barreras técnicas, económicas y operativas que han limitado la implementación de dicha innovación, a pesar de sus beneficios comprobados.

José Luis Ttito Umpire, en su tesis titulada “Optimización de los hornos artesanales de ladrillería para un mejor aprovechamiento térmico en el distrito de San Jerónimo 2008–2013. Caso aplicado: horno cilíndrico vertical de llama directa en la zona de Oscollopampa para una capacidad de 7000 ladrillos”, propuso el reacondicionamiento de los hornos artesanales mediante el aprovechamiento del calor residual generado durante la cocción en hornos adyacentes, con el objetivo de mejorar la eficiencia térmica del proceso, reducir el consumo de combustible y disminuir la emisión de gases contaminantes.

Esta propuesta se fundamenta en la optimización del uso de la energía disponible dentro del sistema productivo, planteando una alternativa técnicamente viable para incrementar el rendimiento de los hornos tradicionales sin requerir cambios estructurales complejos.

Sin embargo, pese a sus beneficios potenciales, esta innovación no logró consolidarse en la industria ladrillera del Cusco.

En el distrito de San Jerónimo, los hornos tipo paulista son recientemente utilizados para la producción de ladrillos. Estos sistemas presentan características como operación semicontinua y mejor aprovechamiento del calor; sin embargo, el carguío y descarguío se realiza generalmente de forma manual. Esta condición genera limitaciones en términos de eficiencia, seguridad y productividad, evidenciando la necesidad de implementar soluciones como plataformas sobre rieles que optimicen el proceso.

2.2 Bases teóricas del horno tipo paulista

2.2.1 Definición y clasificación de hornos ladrilleros

2.2.1.1 Hornos Ladrilleros

Los hornos son estructuras que sirven para la cocción o quema de ladrillos de arcilla, la función del horno principalmente es la cocción de los ladrillos, esta estructura está provisto de chimenea y una o más entradas de combustible (Areiza Martinez, 2014).

2.2.1.1.1 Clasificación de los hornos según el tipo de proceso

En la industria ladrillera actual existen muchos tipos de hornos, también se puede encontrar hornos híbridos, que tienen características geométricas y prácticas de varios tipos de hornos (Areiza Martinez, 2014). Ante la diversidad y abundancia de tipos de hornos disponibles, procederemos a categorizarlos en función del proceso del ciclo de cocción de los ladrillos. Los tipos de hornos son los siguientes:

Hornos Intermitentes

Son hornos de una sola cámara que, durante todo el ciclo de la cocción de los productos, estos permanecen fijos. Dentro de esta caracterización podemos encontrar:

- ✓ H. de Tiro Vertical (Parrilla)
- ✓ H. de Fuego Dormido
- ✓ H. Pampa
- ✓ H. Baúl
- ✓ H. Colmena
- ✓ H. Paulista
- ✓ H. de Tiro Invertido

Hornos Semi-Continuos

Estos hornos se denominan así por la similitud que tienen a los hornos continuos, en cuanto al carguío y descarguío del producto, pero se diferencian por que el horno se debe disponer completamente para el ciclo de la cocción, estos hornos funcionan muy similar a los hornos de tipo intermitente, siendo la única distinción la evacuación del aire caliente por los extremos del horno (Areiza Martinez, 2014).

El horno semicontinuo es, en momentos, la agrupación de los hornos tipo intermitentes con cierta tendencia hacia un ciclo continuo (EELA, 2011). Según esta caracterización tenemos:

- ✓ H. Vagón
- ✓ H. Rápido Intermitente
- ✓ H. Móvil Metálico

Hornos Continuos

Los hornos continuos representan la alternativa más eficiente para producir ladrillos. La operación continua depende del progreso constante de la combustión (quema) y la capacidad de realizar diferentes fases sin afectar el ritmo de producción (EELA, 2011), y se clasifican como:

- ✓ H. Hoffman
- ✓ H. Hoffman de Bock
- ✓ H. Bull's Trench Kiln (BTK)
- ✓ H. Hoffman Abierto
- ✓ H. Túnel
- ✓ H. de Rodillos
- ✓ H. de Cámaras Múltiples
- ✓ H. Vertical VSBK
- ✓ H. MK
- ✓ H. MK-3

2.2.2 Principio de funcionamiento del horno tipo paulista

El horno tipo paulista funciona de forma intermitente con un flujo de gases de tiro invertido por efecto de la ventilación mecánica. La combustión se efectúa mediante quemadores que están situados en una de las paredes laterales, los cuales distribuyen el calor de forma uniforme ascendente en dirección a la bóveda, de ahí desciende intercambiando calor con la carga hacia los ductos de circulación de gases.

Figura 3. Ciclo de producción de quema en el horno ladrillero

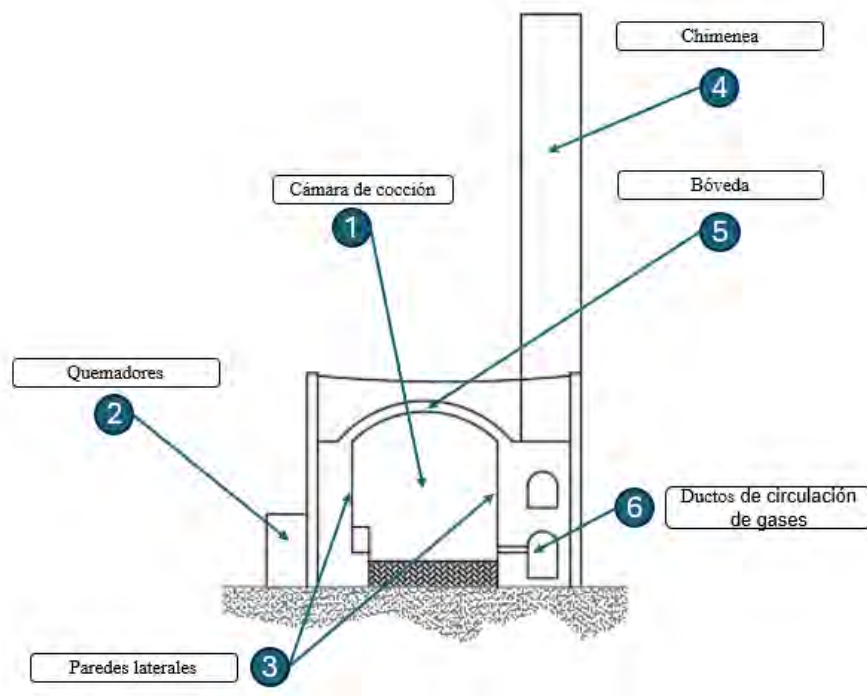


Nota: Elaboración propia.

2.2.3 Partes principales del horno tipo Paulista

Se describen brevemente algunas características de las partes principales del horno Paulista para facilitar su comprensión del funcionamiento. La cámara de cocción está compuesta por una estructura rectangular con una cubierta tipo bóveda, en cuyo interior se colocan los ladrillos crudos para su proceso de cocción. Los quemadores funcionan como cámaras de combustión donde se introduce la leña como combustible, generando el calor necesario para dicho proceso. Las paredes laterales, construidas con adobes, conforman la estructura del horno, permitiendo conservar el calor y proporcionando estabilidad. La bóveda, por su parte, es una estructura curva que forma la cubierta superior del horno y se apoya sobre las paredes laterales. Asimismo, los ductos de circulación de gases son canales encargados de conducir el aire de combustión y los gases calientes hacia la chimenea, la cual facilita la expulsión de los gases resultantes de la combustión. Finalmente, el horno cuenta con puertas de carga y descarga, que son aberturas que permiten introducir los ladrillos crudos y retirar los ya cocidos.

Figura 4. Componentes del horno Paulista.



Nota: Elaboración propia

2.2.4 Proceso productivo del ladrillo

El proceso productivo de los ladrillos puede llevarse a cabo de tres formas: artesanal, semi-industrial e industrial. La producción artesanal del ladrillo es un proceso tradicional limitada de tecnología ejecutada mediante mano de obra directa; en cambio, el proceso semi-industrial combina el uso parcial de maquinaria con procedimientos manuales. El proceso industrial se distingue de los dos procesos no solo por la utilización de máquinas, sino también por el uso de hornos más sofisticados.

El proceso semiindustrial comienza con la extracción de arcilla, generalmente en el mismo lugar de trabajo, utilizando equipos como retroexcavadora y cargador frontal. Teniendo la materia prima, esta se alimenta a la trituradora por medio de una tolva y fajas transportadoras, con el fin de reducirla en particular más pequeñas. Una vez eliminada las impurezas, la materia prima es transportada mediante fajas hacia la mezcladora, donde se adiciona agua hasta lograr

una mezcla uniforme con la humedad adecuada. Dentro del proceso semi-industrial, el moldeo se realiza con una prensa extrusora y un sistema de corte que asegura las dimensiones establecidas del ladrillo. Luego de obtener las unidades, estas se someten a un secado a cielo abierto asistido por ventilación forzada, esta etapa es fundamental por que elimina la humedad y evita las fisuras o deformaciones durante el horneado. Finalmente, los ladrillos son llevados al horno para su cocción.

2.2.5 Limitaciones operativas del horno tipo paulista

Las limitaciones están principalmente asociadas a la operación manual, la cual incrementa el riesgo de errores operativos y generalmente depende de la experiencia del operador, ya que muchas decisiones se toman de forma empírica. Por otro lado, la productividad es menor por los tiempos de cocción y enfriamiento prolongados; a esto se suman los tiempos de carguío y descarguío, que forma parte de una limitante debido a la operación estática del horno Paulista.

2.3 Sistemas de carguío y descarguío en hornos industriales

Los sistemas de carguío y descarguío en hornos industriales constituyen un elemento fundamental en los procesos térmicos, por influir directamente en la eficiencia operativa y productividad del sistema.

Dependiendo del nivel de automatización, tipo de producto y capacidad de producción, estos sistemas pueden clasificarse en manuales (por ejemplo, apilamiento manual y uso de carretillas), semi mecanizados (por ejemplo, como plataformas móviles y mesas rodantes) y mecanizados (por ejemplo, bandas transportadoras y sistema de rodillos), cada uno con sus características específicas en términos de eficiencia, costo y complejidad operativa, dependiendo del nivel de automatización, tipo de producto y capacidad de producción.

En el caso específico del horno tipo paulista, se emplea un sistema de carguío y descarguío semi-mecanizado que incorpora una plataforma sobre rieles como elemento principal de transporte. Esta técnica permite el desplazamiento controlado de las cargas a lo largo de una trayectoria predeterminada mediante un mecanismo de traslación guiada. De forma similar, su incorporación favorece la reducción de la fricción de contacto, una mejor distribución de cargas y el mantenimiento de la estabilidad, alineación y precisión en el movimiento.

Figura 5. Carro de transferencia



Nota: Adaptado de Carro de transferencia guiado para manejo ferroviario, por marca Perft,

2.4 Bases teóricas del diseño térmico

Con el objetivo de evitar el deterioro de los materiales constituyentes de los diversos componentes de la plataforma, se llevarán a cabo los cálculos térmicos pertinentes, dirigidos a la elección e implementación de sistemas de aislamiento térmico, asegurando de este modo la salvaguarda, estabilidad y un rendimiento óptimo del conjunto estructural.

2.4.1 *Transferencia de calor*

La transferencia de energía térmica ocurre siempre desde el medio que posee la temperatura más alta hasta aquel que tiene la temperatura más baja. Este proceso finaliza cuando los dos medios tienen la misma temperatura. La conducción, la convección y la radiación constituyen las tres modalidades diferenciadas de transmisión de calor.

2.4.1.1 Conducción

La conducción es entendida como el traspaso de energía entre las partículas más y las menos energéticas, que tiene lugar en una sustancia a causa de sus interacciones.

2.4.1.2 Convección

La convección se refiere al proceso de transmisión térmica que se produce mediante el desplazamiento de un fluido, que puede ser de naturaleza líquida o gaseosa. Puede producirse naturalmente o ser provocado por medios externos.

2.4.1.3 Radiación

La radiación es la difusión de energía térmica a través de ondas electromagnéticas, que no requieren un medio físico para ser transmitidas.

2.5 Análisis estructural

Con el objetivo de realizar un análisis estructural, expondremos las categorías de cargas más prevalentes en cada punto crítico del sistema.

2.5.1 *Tipos de cargas actuantes*

Se exponen diversas categorías de cargas que deben ser considerados en cada estructura en función de su naturaleza específica.

2.5.1.1 Carga muerta o estática

Las cargas estáticas se caracterizan por su constancia tanto en posición como en magnitud a lo largo del tiempo, ejerciendo cargas de manera constante sobre la estructura. Por lo general, se refieren al peso de los elementos estructurales y a todos los componentes permanentes que integran el conjunto.

2.5.1.2 Carga viva o dinámica

Las cargas dinámicas refieren a todo componente que se sitúe sobre la estructura del diseño y que no sea parte integral de ella. Podrían ser objetos o cargas temporales que se utilizarán en un ciclo de uso, como son el ladrillo crudo y/o cocido).

2.5.1.3 Carga térmica

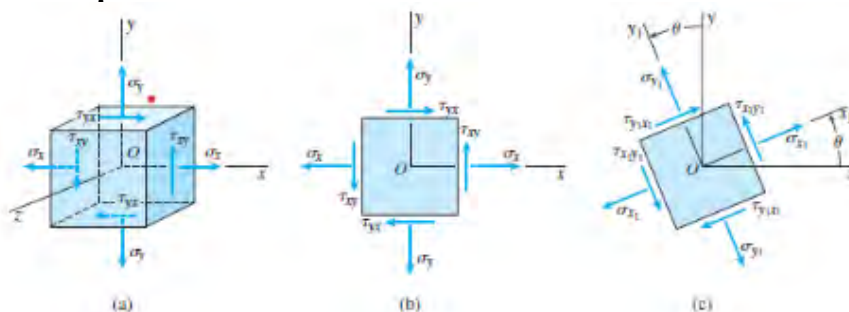
La exposición de los elementos de máquina y de los componentes estructurales a temperaturas superiores de 80 °C puede generar esfuerzos térmicos internos, originados por la dilatación del material. En este contexto, se justifica la implementación de aislantes térmicos con el fin de disminuir la transferencia de calor proveniente del horno hacia los componentes de la plataforma sobre rieles, tales como los rodamientos, las ruedas y los rieles.

2.5.2 Esfuerzos mecánicos

“El objetivo principal de la mecánica de materiales es determinar los esfuerzos, las deformaciones unitarias y los desplazamientos en estructuras y sus componentes debidas a las cargas que actúan sobre ellas” (J. Gere, 2009).

Entender el comportamiento mecánico de los componentes estructurales es crucial para hacer un diseño seguro, porque esto posibilita la evaluación de cómo reaccionan a cargas dinámicas y estáticas, esfuerzos internos, deformaciones y condiciones de servicio.

Figura 6. Componentes del esfuerzo.

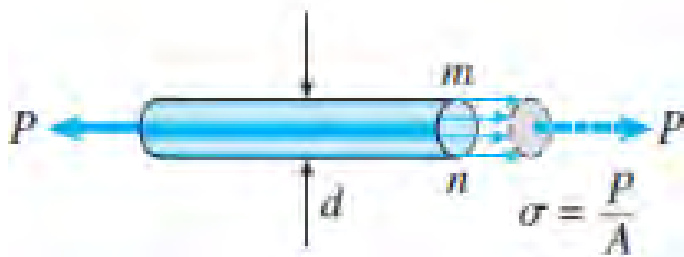


Nota: El grafico representa las condiciones de esfuerzo. Tomado de (Monroe Gere, 2009).

2.5.2.1 Tensión, compresión y cortante

Los efectos originados por cargas axiales aplicadas a barras rectas se conocen como esfuerzos normales. En esta condición se incluyen los esfuerzos de tracción y de compresión, los cuales generan respectivamente el alargamiento o el acortamiento del material, dependiendo del sentido de la fuerza aplicada.

Figura 7. Barra prismática en tensión.



Nota: Tomado de (Monroe Gere, 2009)

Los esfuerzos que actúan sobre la sección transversal mn están distribuidas uniformemente sobre el área. Por lo tanto, la resultante de estos esfuerzos debe ser igual a la magnitud del esfuerzo por el área de la sección transversal A de la barra, es decir, $P = \sigma A$ (Monroe Gere, 2009).

Por tanto, obtenemos la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ : Esfuerzo normal

P: Fuerzas que estiran o comprimen la barra

A: Sección transversal de la barra

En cambio, el esfuerzo cortante actúa de forma tangencial a la superficie del material, generando un deslizamiento relativo entre sus planos internos. Desde el punto de vista matemático, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{P}{A}$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante.

P: Fuerza aplicada paralela a la sección.

A: Área sobre la que actúa la fuerza.

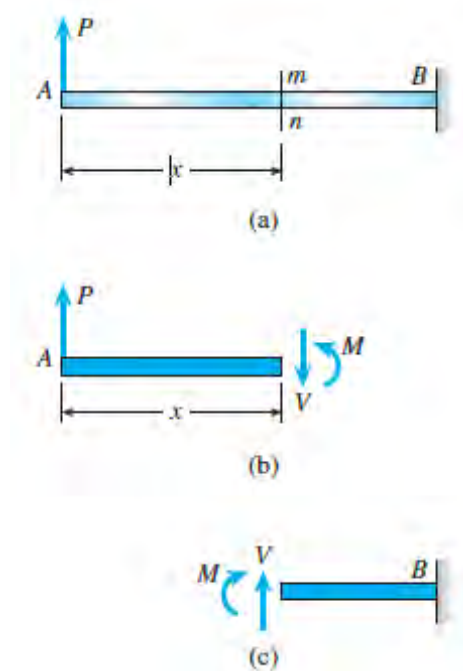
2.5.3 Flexión y torsión

Las cargas transversales, que dan lugar a fenómenos como la flexión y la torsión, se presentan en vigas, ejes y diversos elementos estructurales cuando están sometidos a fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal o a momentos que inducen rotación alrededor de dicho eje.

2.5.3.1 Esfuerzo cortante y momento flector

Las fuerzas cortantes y los momentos flectores representan las resultantes de los esfuerzos internos que se distribuyen a lo largo de la sección transversal del elemento estructural.

Figura 8. Fuerza cortante V y momento flector M en la viga.



Nota: Diagrama de cuerpo libre de la viga en voladizo. Tomado de (Monroe Gere, 2009).

2.5.4 Estructuras estáticamente indeterminadas

Las estructuras estáticamente indeterminadas son las que presentan más incógnitas (esfuerzos internos y reacciones) que ecuaciones de equilibrio disponibles. En estos sistemas, el análisis estructural implica considerar el equilibrio estático, la compatibilidad de deformaciones y las relaciones constitutivas del material.

Según la formulación clásica presentada por (Gere & Goodno, 2009), este tipo de estructuras distribuye las cargas de manera más eficiente, lo que permite reducir concentraciones de esfuerzos y mejorar la rigidez global del sistema. Sin embargo, también presentan mayor sensibilidad a variaciones térmicas, asentamientos diferenciales y errores de fabricación o montaje. En el caso de la plataforma sobre rieles, el bastidor estructural puede considerarse parcialmente indeterminado, debido a la continuidad de sus elementos y la interacción entre vigas y apoyos.

2.5.5 *Deformaciones y desplazamientos admisibles*

El estudio de deformaciones y desplazamientos resulta esencial para asegurar el adecuado desempeño de una estructura. Según los criterios de diseño estructural, no solo se deben limitar los esfuerzos, sino también las deformaciones, ya que estas pueden afectar la funcionalidad del sistema.

De acuerdo con criterios ampliamente utilizados en ingeniería estructural, como los descritos por Gere, las deformaciones admisibles en vigas suelen establecerse en función de la longitud del elemento, utilizando relaciones como:

$$\delta_{max} \leq L/300 \text{ para estructuras generales}$$

$$\delta_{max} \leq L/500 \text{ para estructuras que requieren mayor precisión}$$

En la plataforma sobre rieles, controlar las deformaciones es clave para mantener la alineación del sistema de rodadura y prevenir desplazamientos, desgaste irregular o interferencias mecánicas.

2.5.6 *Factores de seguridad estructural*

El factor de seguridad relaciona la resistencia de un material o estructura con las cargas aplicadas, incorporando un margen ante incertidumbres en el diseño, la fabricación y la operación. Según Gere, el factor de seguridad se define como:

$$FS = \frac{\text{Resistencia del material}}{\text{Esfuerzo aplicado}}$$

En el diseño estructural, el factor de seguridad varía según el material, las cargas y el nivel de riesgo. Para estructuras metálicas sometidas a cargas estáticas, los valores del factor de seguridad se encuentran en el rango de 1.5 a 3.0, mientras que, en condiciones más exigentes, como cargas dinámicas o ambientes térmicos, se pueden emplear valores mayores.

2.6 Método de los Elementos Finitos (FEM)

El Método de los Elementos Finitos (FEM) es un instrumento numérico considerablemente utilizada en ingeniería para el análisis de estructuras y sistemas mecánicos sometidos a diferentes condiciones de carga. De acuerdo con Shigley, constituye una técnica fundamental en el diseño moderno, ya que permite evaluar el desempeño estructural antes de la fabricación, reduciendo costos y optimizando la seguridad del sistema (Budynas & Nisbett, 2015).

2.6.1 Fundamentos del Método de Elementos Finitos

El Método de Elementos Finitos se basa en dividir una estructura continua en elementos discretos interconectados mediante nodos para caracterizar a través de ecuaciones matemáticas que establecen relaciones entre fuerzas y desplazamientos, resultando en un sistema global de ecuaciones que ilustra el comportamiento del modelo.

2.6.2 Modelado geométrico y mallado

El modelado geométrico es la representación digital de la estructura en estudio, que incluye dimensiones y atributos. Luego, se realiza el mallado, donde la geometría se segmenta en elementos finitos, lo que permite aplicar métodos numéricos. La calidad del mallado es decisiva para la exactitud de los resultados, especialmente en áreas críticas como uniones soldadas y concentradores de esfuerzos, asegurando así una mayor exactitud en la evaluación de esfuerzos y deformaciones.

2.6.3 Condiciones de frontera y cargas aplicadas

Las condiciones de frontera representan limitaciones del sistema, incluyendo apoyos, empotramientos o contactos. Las cargas aplicadas se refieren a las fuerzas externas que ejercen influencia sobre la estructura, a excluyendo cargas estáticas, dinámicas y térmicas.

2.6.4 Criterios de falla

Los criterios de falla posibilitan la evaluación de si una estructura tiene la capacidad de resistir las cargas aplicadas sin sufrir fallos. Dentro del análisis FEM, estos parámetros se emplean para contrastar los esfuerzos y deformaciones obtenidas con los límites admisibles del material.

2.6.4.1 Criterio de Von Mises

El criterio de Von Mises, ampliamente aplicado en materiales dúctiles como el acero estructural, indica que la falla ocurre cuando el esfuerzo equivalente alcanza el límite de fluencia. Shigley indica que *“el criterio de energía de distorsión (Von Mises) es adecuado para predecir la falla en materiales dúctiles sometidos a estados complejos de esfuerzo”* (Budynas & Nisbett, 2015). Este criterio adquiere particular relevancia en estructuras soldadas que se encuentran algunas veces a cargas combinadas, como la plataforma sobre rieles.

2.6.4.2 Deformación admisible

Además del Análisis de esfuerzos, resulta esencial examinar las deformaciones de la estructura, dado que estas pueden comprometer su funcionalidad. Las deformaciones admisibles se definen basadas en la geometría y las condiciones de funcionamiento, garantizando que el sistema conserve su integridad y funcionamiento.

2.6.5 Validación del diseño mediante simulación FEM

La validación mediante FEM consiste en comparar los resultados de la simulación con los criterios de diseño, verificando que esfuerzos y deformaciones estén dentro de los límites permitidos. Para la Plataforma sobre rieles, la simulación FEM facilita el análisis del comportamiento estructural del bastidor, los soportes de rueda y las repercusiones térmicas, garantizando que el diseño satisfaga los criterios de resistencia, rigidez y seguridad.

2.7 Evaluación económica en proyectos mecánicos

“La preparación y evaluación de proyectos se ha transformado en un instrumento de uso prioritario entre los agentes económicos que participan en cualquiera de las etapas de asignación de recursos para implementar iniciativas de inversión” Sapag Chain, Sapag Chain, & Sapag Puelma (2014).

2.7.1 Costos de diseño y fabricación

Los costos de diseño se clasifican en directos e indirectos, asociados a la planificación y desarrollo de proyectos. Los costos directos contienen honorarios de ingenieros, elaboración de planos y estudios técnicos; Mientras que los indirectos abarcan software, equipos de cómputo y servicios básicos. Asimismo, los costos de fabricación también se clasifican en directos, que incluyen materiales y mano de obra directa, e indirectos, que comprenden personal indirecto y gastos generales como consumo de energía.

2.7.2 Costos de operación y mantenimiento

Los costos de mantenimiento y operación incluyen todos los gastos relacionados con el funcionamiento continuo de la instalación durante su vida útil.

2.7.3 Criterios de evaluación de proyectos

Según, Sapag Chain, Sapag Chain, & Sapag Puelma (2014) “En el estudio de las inversiones, las matemáticas financieras son útiles, puesto que su análisis se basa en la consideración de que el dinero, solo por transcurrir el tiempo, debe ser remunerado con una rentabilidad que el inversionista exigirá por no usarlo hoy y aplazar su consumo a un futuro conocido, lo cual se conoce como valor tiempo del dinero” (p. 247).

Los métodos basados en el flujo de caja descontado más relevantes son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

2.7.4 Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) indica que un proyecto es viable si es mayor o igual a cero; representa la diferencia entre ingresos y egresos, expresados en valor presente. Matemáticamente se define:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

Y_t : Flujo de ingresos en el periodo t

E_t : Egresos en el periodo t

I_0 : Inversión en el periodo 0

i : Tasa de descuento

n : Vida útil del proyecto

BN_t : Flujo de caja en el periodo t

2.7.5 Tasa Interna de Retorno (TIR)

El criterio de la tasa interna de retorno analiza el proyecto mediante una tasa única por periodo que iguala los beneficios actualizados con los desembolsos en valor presente. Sapag Chain, Sapag Chain, & Sapag Puelma (2014).

La siguiente fórmula permite calcular la tasa interna de retorno.

$$\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde r representa la tasa interna de retorno.

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

2.8 Definición de términos básicos

- **Horno tipo paulista:** Horno industrial para cocción de materiales cerámicos con aprovechamiento eficiente del calor.
- **Plataforma sobre rieles:** Estructura móvil que transporta cargas sobre rieles de forma guiada.
- **Carguío y descarguío:** Proceso de ingreso y retiro de materiales en un sistema.
- **FEM:** Método numérico para analizar esfuerzos y deformaciones en estructuras.
- **Dilatación térmica:** Variación dimensional de un material por cambio de temperatura.

CAPÍTULO III: ANALISIS DE PARAMETROS DE DISEÑO

3.1 Diagnóstico del horno tipo paulista

3.1.1 Características del horno tipo paulista

El estudio de tesis se centra en el horno ladrillero de tipo Paulista, ubicado en San Jerónimo, Cusco. para la cocción de ladrillos cerámicos destinados a la industria de la construcción se emplea el horno tipo paulista, tanto a nivel local como regional. Presenta una estructura típica de horno intermitente, construido principalmente con adobe, y su interior está revestido con mortero resistente a altas temperaturas.

El horno cuenta con una estructura fija, diseñada para resistir ciclos térmicos prolongados, que pueden alcanzar aproximadamente 60 horas del proceso de cocción, lo que restringe la posibilidad de alterar su geometría exterior. Por esta razón, cualquier sistema auxiliar, como la plataforma sobre rieles propuesta, debe ajustarse a las condiciones existentes sin modificar la estructura principal del horno.

Figura 9. Vista general del horno ladrillero tipo paulista existente



Nota: La figura muestra la vista general del horno tipo paulista en las instalaciones de la empresa ladrillera LATESAN. Elaboración propia.

3.1.1.1 Procedimiento de carga y descarga

La carga y descarga del horno tipo paulista se realiza de forma manual, dependiendo principalmente de la fuerza humana para el transporte de los ladrillos. Como apoyo parcial, se hace uso de una faja transportadora de 6 m de longitud; sin embargo, este elemento no facilita una mecanización integral del proceso ni una reducción sustancial de los tiempos improductivos asociados a la carga y descarga, especialmente bajo condiciones de alta temperatura. En consecuencia, este método limita la eficiencia del proceso productivo, restringe la cantidad de ladrillos manipulados por ciclo y expone al personal a condiciones térmicas desfavorables, esto muestra la necesidad de poner en marcha una solución mecánica que optimice dichas operaciones. Este método presenta las siguientes desventajas:

- Elevado tiempo de operación
- Sobreesfuerzo físico del personal
- Exposición directa a altas temperaturas
- Riesgo de accidentes laborales

Figura 10. Proceso manual de carga y descarga del horno



Nota: Proceso manual de carga y descarga de ladrillos, con una faja transportadora de 6 m. Elaboración propia.

3.1.2 *Ubicación y condiciones del entorno*

El horno tipo paulista se encuentra emplazado en una zona de actividad ladrillera artesanal–industrial, en la comunidad campesina de Sucso Aucaylle, en el distrito de San Jerónimo, Cusco, Cusco.

3.1.3 *Características geométricas del horno*

El horno presenta una geometría prismática alargada, con accesos frontales destinados a la carga y descarga del material cerámico. Las dimensiones del horno condicionan directamente el espacio disponible para la instalación de la plataforma sobre rieles.

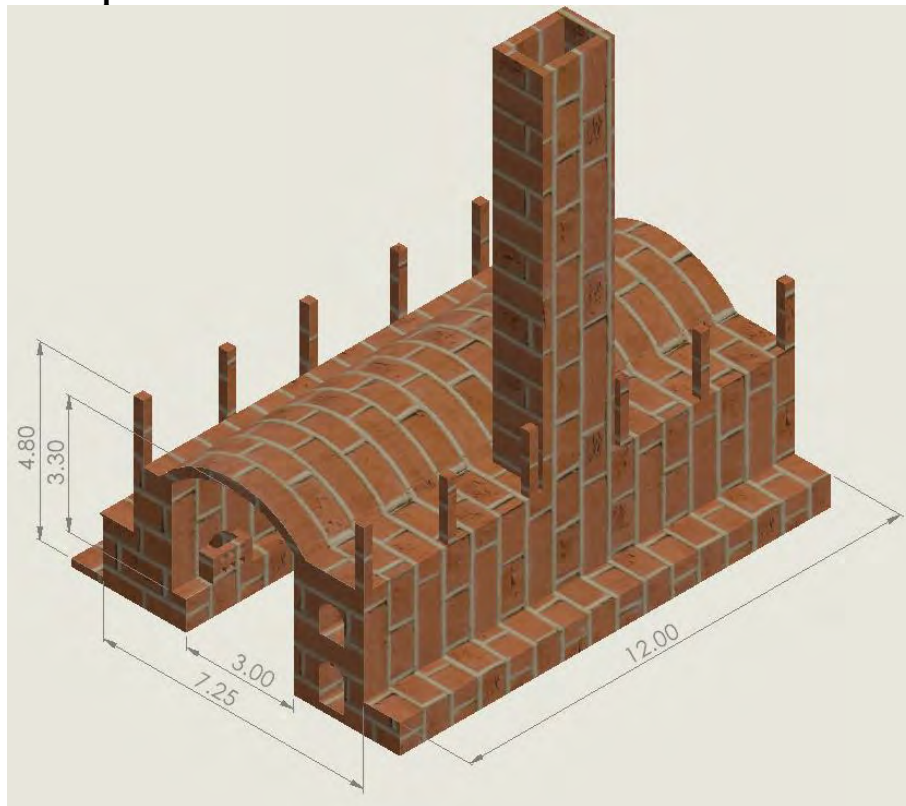
Tabla 2. Dimensiones generales del horno

Elemento	Dimensión
Largo del horno	12.00 m
Ancho del horno	7.25 m
Altura del horno	4.80 m
Espacio de cámara de cocción	12 m x 3.10 m x 3.30 m

Nota: Dimensiones del horno tipo paulista de la empresa ladrillera LATESAN.

Elaboración propia.

Figura 11. Esquema dimensional del horno existente



Nota: Dimensiones del horno y cámara de cocción en el Modelo CAD. Elaboración propia.

3.1.4 Limitaciones dimensionales del horno existente y área de operación

El horno ladrillero tipo paulista considerado en el presente estudio corresponde a una **estructura existente**, cuya geometría y disposición constructiva no serán modificadas. En consecuencia, el diseño de la plataforma sobre rieles debe adaptarse estrictamente a las **limitaciones dimensionales** impuestas por el horno y por el área disponible para la operación.

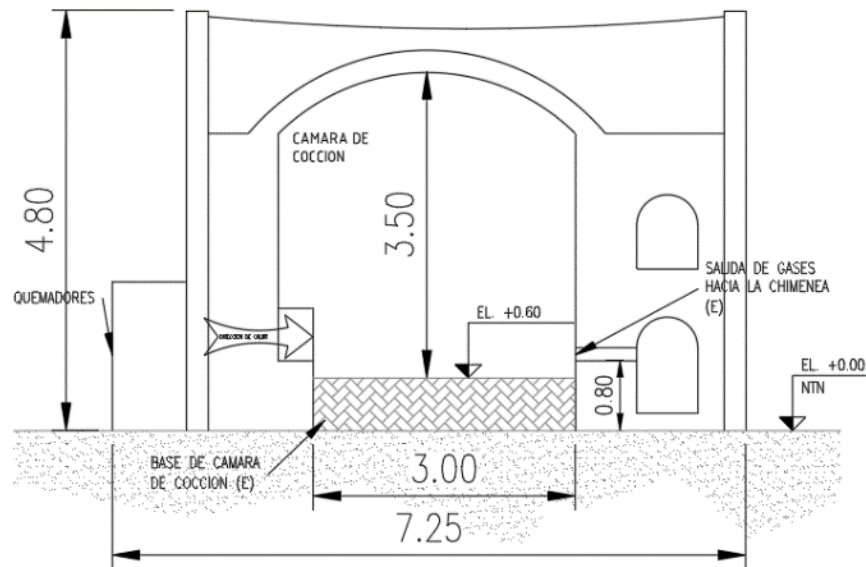
El análisis de dichas limitaciones resulta fundamental para garantizar la **compatibilidad** geométrica, la operatividad segura y la factibilidad constructiva del sistema propuesto.

3.1.4.1 Limitaciones dimensionales del horno existente

a) Puertas laterales de carga y descarga

La abertura frontal del horno define el **máximo ancho y altura** de la plataforma.

Figura 12. Vista frontal del Horno tipo paulista



Nota: Dimensiones de la vista frontal del horno tipo paulista. Elaboración propia.

Tabla 3. Dimensiones del horno tipo paulista

Parámetro	Símbolo	Valor
Ancho libre	B_h	3.00 m
Altura libre (Base)	H_h	0.80 m
Profundidad de ingreso	L_h	12.00 m

Nota: Dimensiones para la implementación de la plataforma sobre rieles horno tipo paulista.

Elaboración propia.

Restricción:

Si: $B_{plataforma} \leq B_h$; $H_{plataforma} \leq H_h$

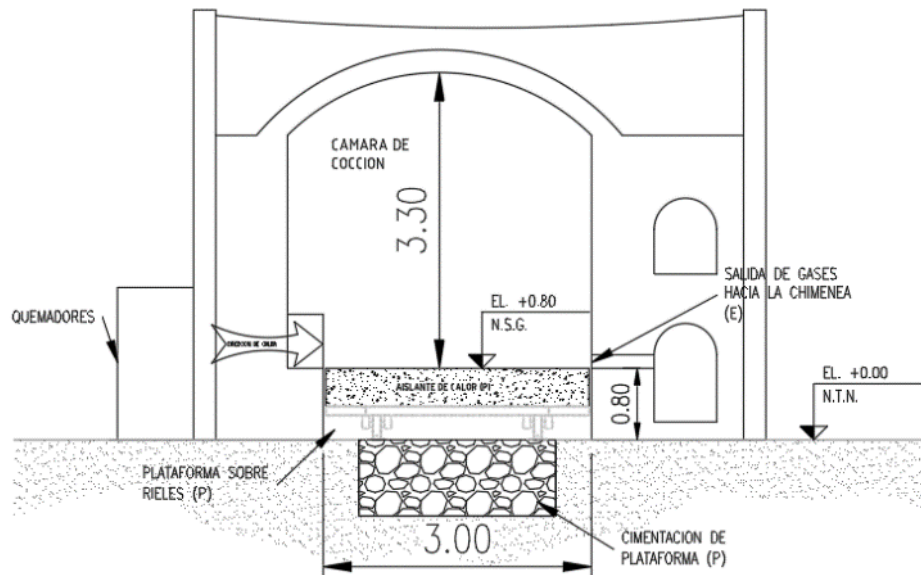
Entonces:

$$B_{plataforma} \leq 3.00 \text{ m}$$

$$H_{plataforma} \leq 0.80 \text{ m}$$

$$L_{plataforma} \leq 12.00 \text{ m}$$

Figura 13. Dimensiones finales del horno



Nota: Dimensiones para la implementación de la plataforma sobre rieles horno tipo paulista.

Elaboración propia.

b) Espacios laterales para carga y descarga

El horno ladrillero tipo paulista tiene una longitud de 12,00 m. Se determina que hay un espacio libre de unos 15,00 m a cada lado del horno tras examinar el espacio disponible en la planta. Esto posibilita la instalación de un sistema compuesto por dos plataformas montadas sobre rieles. Esta configuración permite optimizar el ciclo de producción, debido a que cuando una plataforma está en la fase de cocción dentro del horno, la otra puede estar enfriándose y preparándose para cargar. Así, se disminuye el tiempo de inactividad del proceso y la continuidad operativa del horno aumentan, lo que mejora la eficiencia general del sistema de producción.

Figura 14. Esquema del horno tipo paulista



Nota: Esquema del horno, con 15.00 m a cada lado, en total suman unos 42.00 m. Elaboración propia.

3.1.5 Estado estructural del horno

Durante la inspección visual se identificó que la estructura del horno tipo paulista se encuentra en condiciones operativas admisibles, sin evidencias de fallas estructurales significativas. No obstante, se pueden observar indicios de desgaste superficial como resultado de la exposición continua a temperaturas elevadas.

El estado estructural del horno establece la restricción de **no transmitir cargas adicionales significativas** desde la plataforma hacia la estructura del horno.

Tabla 4. Evaluación cualitativa del estado estructural

Elemento	Estado
Muros refractarios	Bueno
Accesos frontales	Bueno
Base del horno	Estable
Elementos metálicos existentes	Desgaste moderado

Nota: En la tabla, se muestra los resultados cualitativos del estado estructural actual del horno tipo paulista. Elaboración propia.

La cimentación de la plataforma sobre rieles en el horno paulista de LATESAN debe asegurar la adecuada transferencia de cargas. Tiene que lograr soportar el peso de la estructura, los rieles, los 20 000 ladrillos, y las cargas adicionales a lo largo del proceso de carga y descarga.

Se recomienda realizar una evaluación técnica previa a la implementación del sistema, considerando las condiciones del terreno, la capacidad del suelo y geometría óptima para las excavaciones y cimentación, para asegurar la integridad estructural del horno tipo paulista.

3.1.6 Condiciones operativas del horno tipo paulista

El horno tipo paulista está equipado con seis (06) termocuplas ubicadas en puntos estratégicos, las cuales facilitan el monitoreo continuo del perfil térmico durante su funcionamiento. A través de estos sensores se registran las temperaturas de operación y los tiempos de exposición térmica a lo largo del ciclo completo de la cocción, el cual tiene una duración aproximada de 48 horas, que comprende en 12 horas de calentamiento inicial, 12 horas de quema y 24 horas destinadas al enfriamiento del horno. Estos registros térmicos constituyen la base para la caracterización de las condiciones reales de operación del horno.

Adicionalmente, para la medición de las temperaturas en la pared externa del horno y en las puertas, se utilizó un termómetro láser infrarrojo, lo que facilitó la obtención de valores de temperatura superficial sin la necesidad de contacto directo. Esta información complementaria resulta fundamental para la definición de las condiciones térmicas de diseño de la plataforma sobre rieles, particularmente en las áreas expuestas al calor residual durante las operaciones de carga y descarga.

Durante el ciclo de cocción de ladrillos, el horno opera a temperaturas elevadas. La temperatura interna máxima puede alcanzar valores del orden de 900 °C, mientras que las superficies externas presentan temperaturas inferiores, pero aún relevantes.

Figura 15. Tablero de indicadores de temperatura



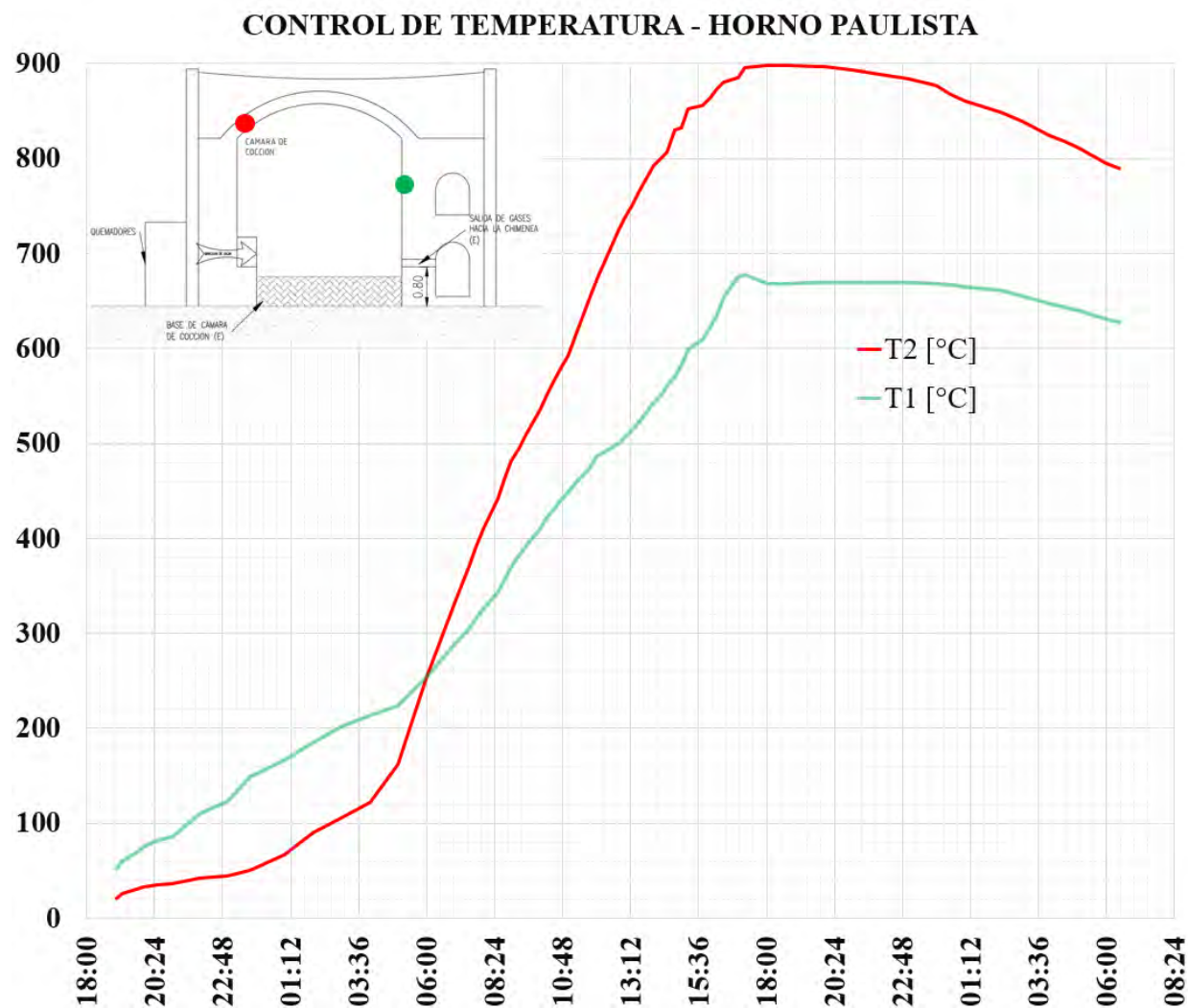
Nota: Tablero de los 06 indicadores de temperatura. Elaboración propia.

3.1.6.1 Monitoreo de las Temperaturas

El horno tipo paulista utiliza termopares tipo K con funda de acero inoxidable AISI 446 para el monitoreo térmico, operando en un rango de 0 °C a 1 200 °C. Estos sensores están conectados a indicadores digitales de temperatura Autonics, modelo TC4S, que permiten visualizar las temperaturas en tiempo real. Además, se ha implementado un sistema de recolección de datos fundamentado en Arduino con el objetivo de documentar la temperatura durante el proceso de cocción.

A partir de los datos experimentales, se construyen curvas temperatura–tiempo que revelan la máxima temperatura alcanzada, el tiempo en el pico térmico y las etapas del enfriamiento.

Figura 16. Curva de Temperatura vs tiempo



Nota: Curva de temperatura vs tiempo en el interior del horno. Elaboración propia.

Figura 17. Temperatura de pared exterior



Nota: Toma de temperaturas de la pared exterior del horno. Elaboración propia.

Figura 18. Temperatura de puertas



Nota: Toma de temperaturas puertas de carga y descarga del horno. Elaboración propia.

Estas condiciones térmicas tienen un impacto directo en cualquier elemento mecánico ubicado en las proximidades del horno.

Tabla 5 Rangos de temperatura del horno

Zona	Temperatura aproximada
Interior del horno	900 – 1000 °C
Pared externa	30 – 40 °C
Puertas	30 – 50 °C

Nota: se exhiben los intervalos de temperatura en el horno durante su operación.

Elaboración propia.

3.2 Condiciones Térmicas de Diseño

3.2.1 Condiciones térmicas de diseño

Las condiciones térmicas consideradas en el diseño se establecen a partir del diagnóstico del horno tipo paulista existente.

Tabla 6. Condiciones térmicas de operación

Parámetro	Valor
Temperatura interna del horno	900 – 1000 °C
Temperatura de la pared externa	30 - 50 °C
Temperatura ambiente	17 °C
Tiempo de exposición	Ciclos prolongados

Nota: Elaboración propia.

3.2.2 Propiedades térmicas de los materiales

La selección de materiales considera propiedades térmicas apropiadas para minimizar la transferencia de calor.

Tabla 7. Propiedades térmicas de materiales considerados.

Material	Conductividad (W/m·K)
Acero al carbono-manganeso-	41.0 (300 K)
silicio	42.2 (400 K)
	39.7 (600 K)
	35.0 (800 K)
	27.6 (1000 K)
Aire	0.0263 (300 K)
	0.0469 (600 K)
	0.0667 (1000 K)
	0.082 (1300 K)
Ladrillo Común	0.72 (24 °C)
Ladrillo Refractario	1.0 (478 K)
	1.5 (922 K)
	1.8 (1478 K)
Manta de Fibra Cerámica	0.09 (400 °C)
(Aislante térmico)	0.16 (800 °C)

Nota: Las propiedades térmicas de los materiales descritos fueron obtenidos del apéndice 1 de

Transferencia de Calor y Masa – 4ta Ed. (Y. Cengel, 2011)

El horno tipo paulista está revestido con mortero de arcilla de San Pablo – Canchis, que tiene propiedades refractarias adecuadas para su uso en hornos de cocción.

Tabla 8. Conductividad Térmica de la Arcilla de San Pablo – Canchis

Material	Conductividad (W/m·K)
Arcilla Refractaria (San Pablo)	0.57

Nota: Esta propiedad fue obtenida de la Tesis “Obtención de ladrillos refractarios de bajo servicio a partir de arcillas de San Pablo -Canchis” de (Y. Quispe y O. Cusihuaman, 2018)

3.2.3 *Criterios de Temperatura admisible*

Para garantizar la seguridad operativa e integridad estructural, se establecen las temperaturas máximas admisibles en los componentes de la plataforma, evitando comprometer considerablemente sus propiedades mecánicas.

3.2.3.1 Límite de temperatura para acero estructural

Tabla 9. Propiedades del Acero a Temperaturas Elevadas

Temperatura (°C)	Reducción del límite elástico
≤ 93	0 %
204	10 %
316	22 %
399	30 %
427	33 %

Nota: La reducción del límite elástico se obtiene del estándar nacional estadounidense

ANSI/AISC 360-10, pág. 294.

Para diseño seguro:

$$T_{adm,acero} \leq 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.2.3.2 Límite de temperatura para rodamientos

Los rodamientos constituyen el elemento más sensible a la temperatura, debido a la degradación del lubricante y a la pérdida de propiedades mecánicas.

Tabla 10. Límite de temperatura para el rodamiento

Condición	Temperatura límite		
	R. rígido de bolas	R. rodillos cilíndricos	R. rodillo cónicos
Operación continua recomendada		$\leq 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
Estabilidad Dimensional	$\leq 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\leq 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\leq 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Jaula	$\leq 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (acero)	$\leq 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (acero)	$\leq 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (acero)
Sellos	-40 a $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$	-20 a $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$	-40 a $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Lubricante	$120 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$120 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$120 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Nota: La temperatura límite para los componentes de un rodamiento se obtiene del Catálogo de Rodamiento SKF.

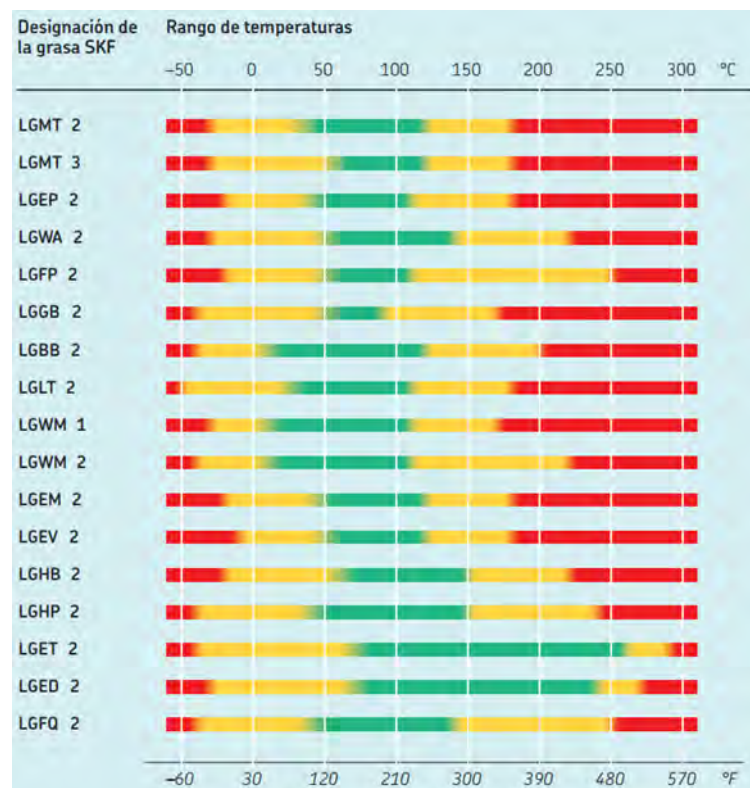
Para asegurar una **vida útil adecuada (L_{10})** se adopta:

$$T_{adm,rod} \leq 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.2.3.3 Rango de temperatura para Lubricantes (Grasa)

El rango de temperaturas de funcionamiento confiable de una grasa depende del tipo de aceite base, el espesante y los aditivos que la componen, los cuales influyen en la estabilidad térmica, resistencia a la oxidación y capacidad de lubricación. Los límites de temperatura se presentan en la Figura 19 mediante un esquema de semáforo doble.

Figura 19. Concepto del semáforo de SKF: grasas



Nota: El concepto del semáforo de SKF para el rendimiento de las grasas según la Temperatura, se obtiene del Catálogo de Rodamiento SKF, pág. 117.

La grasa seleccionada asegura una lubricación confiable entre 50 y 100 °C, manteniendo sus propiedades reológicas y garantizando un intervalo adecuado de relubricación y una vida útil aceptable.

$$T_{adm,grasa} \leq 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.3.4 Criterio de diseño térmico adoptado

La temperatura máxima de operación para la grasa utilizada es de 80 °C, un límite extremo y no óptimo. Debido a que el aumento de temperatura reduce la vida útil del lubricante y el rodamiento, además de provocar dilataciones térmicas y pérdida de viscosidad, se establece un criterio conservador para la temperatura admisible del sistema:

$$T_{adm,sistema} = 30\text{ °C}$$

El valor mencionado despreja los esfuerzos térmicos en el análisis estructural, asegurando condiciones seguras de operación y prolongando la vida útil de los componentes.

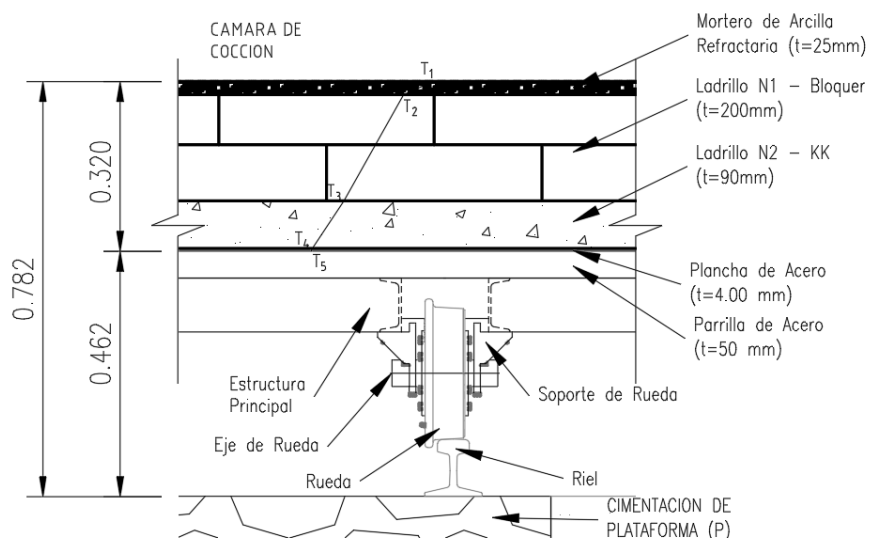
Este valor se utilizará como:

- Límite de diseño del aislamiento térmico
- Criterio de validación térmica del diseño

3.2.4 Cálculo y diseño del aislante térmico de la plataforma

El aislamiento térmico tiene como objetivo reducir la temperatura transmitida a la plataforma sobre rieles, compuesta por la estructura metálica, rodamientos, rueda y rieles.

Figura 20. Esquema de la plataforma sobre rieles



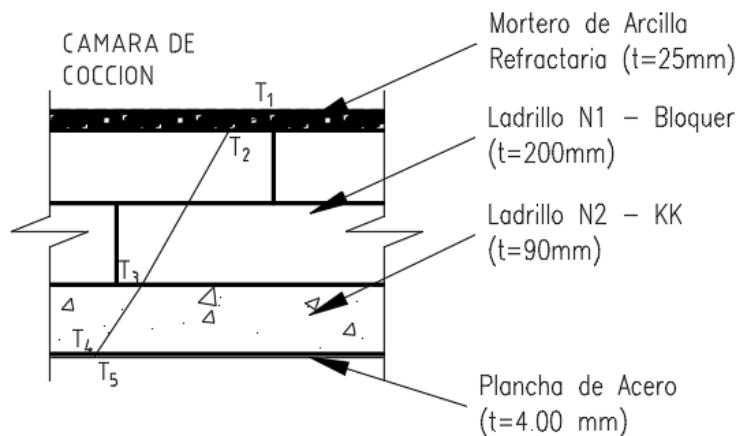
Nota: Se muestra un esquema de la composición de la plataforma sobre rieles, aislante de calor y estructura principal. Elaboración propia.

3.2.4.1 Cálculo del aislante térmico para la plataforma

a) Propuesta N°1

Esta propuesta incluye el uso de mortero de arcilla refractaria del distrito de San Pablo, ladrillo Bloquer de $12 \times 30 \times 20 \text{ cm}^3$, ladrillo super K-K de $14 \times 24 \times 9 \text{ cm}^3$ y finalmente una plancha de acero de espesor de 4 mm.

Figura 21. Propuesta N°1 de aislamiento del calor.



Nota: Se muestra un esquema de la propuesta N°1 del aislamiento de calor para la plataforma. Elaboración propia.

A continuación, con la ayuda del software se obtiene el área de los ladrillos:

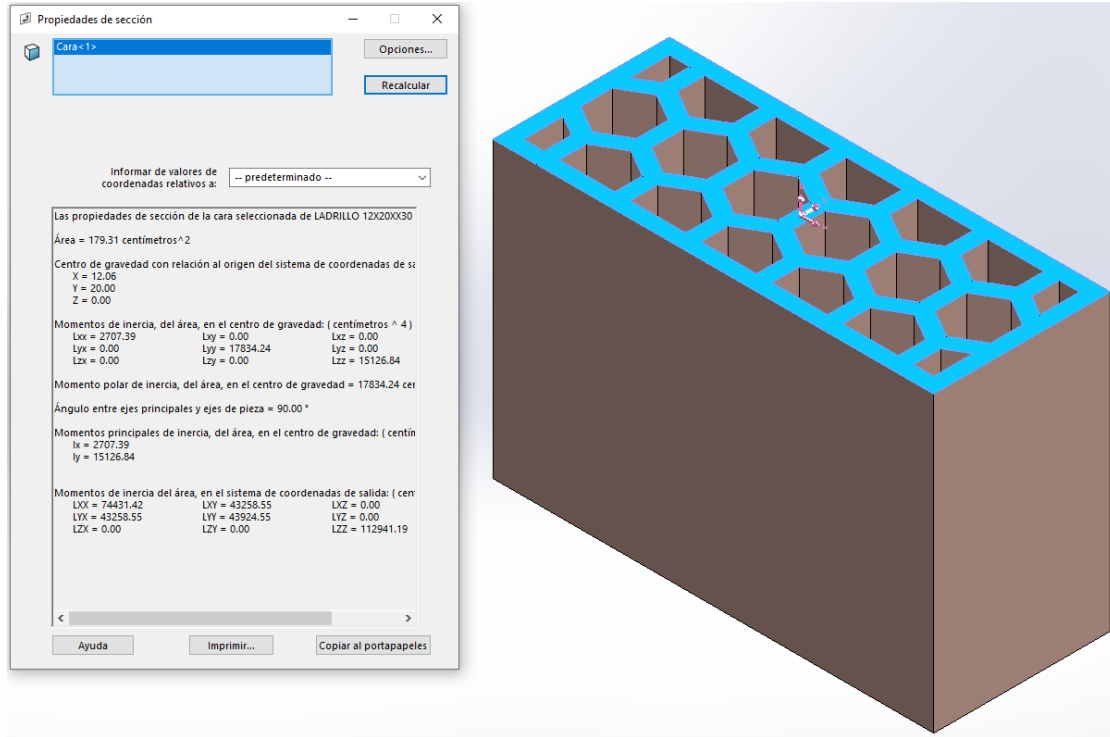
➤ Ladrillo Bloquer de $12 \times 30 \times 20 \text{ cm}^3$

➤ El área total del ladrillo bloquer de $12 \times 30 \times 20 \text{ cm}^3$, es:

➤ $A_{total} = L_{lad,b} \times A_{lad,b}$

➤ $A_{total} = 12 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 360 \text{ cm}^2$

Figura 22. Área del ladrillo bloquer 12x30x20cm³.



Nota: El área del ladrillo bloquer ($A=179.31\text{cm}^2$), obtenido del SolidWorks. Elaboración propia.

Área del ladrillo (SolidWorks), es:

$$A_{\text{ladrillo}} = 179.31\text{cm}^2$$

Área del ladrillo, es:

$$A_{\text{hueco}} = A_{\text{total}} - A_{\text{ladrillo}}$$

$$A_{\text{hueco}} = 180.69\text{cm}^2$$

➤ Ladrillo super King-Kong de 14x24x9cm³

El área total del ladrillo S K-K de 14x24x9cm³, es:

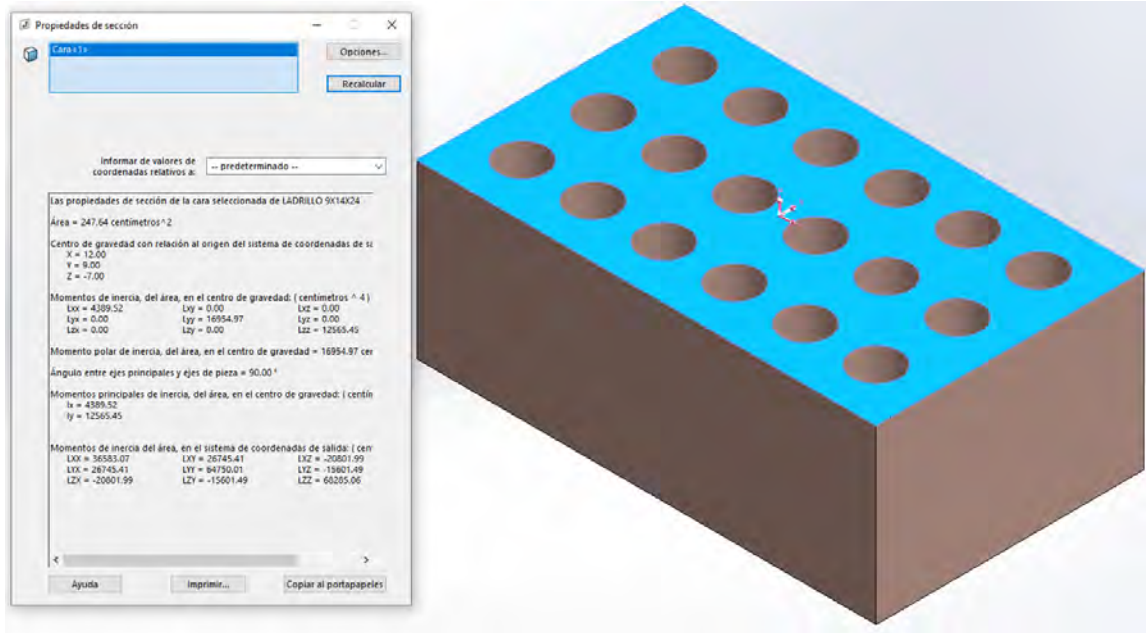
$$A_{\text{total}} = L_{\text{lad},b} \times A_{\text{lad},b}$$

$$A_{\text{total}} = 14\text{cm} \times 24\text{cm} = 336\text{cm}^2$$

Área del ladrillo (SolidWorks), es:

$$A_{\text{ladrillo}} = 247.64 \text{ cm}^2$$

Figura 23. Área de ladrillo S K-K de 14x24x9cm³.



Nota: El área del ladrillo S K-K ($A = 247.64 \text{ cm}^2$), obtenido del SolidWorks. Elaboración propia.

Área del ladrillo, es:

$$A_{\text{hueco}} = A_{\text{total}} - A_{\text{ladrillo}}$$

$$A_{\text{hueco}} = 88.36 \text{ cm}^2$$

En relación con la propuesta N°1, se lleva a cabo el cálculo para determinar la razón de la transferencia térmica.

Definimos el área de la plataforma sobre rieles:

$$L = 12.00 \text{ m}, B = 3.00 \text{ m}$$

$$\therefore A_{\text{total}} = 36.00 \text{ m}^2$$

El área del bloquer de 12x30x20cm³

$$A_{\text{bloq-total}} = 12 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 0.036 \text{ m}^2$$

Para el área total, se requiere un total de 1000 ladrillos bloquer.

$$A_{bloquer} = 179.31 \text{ cm}^2 \times 1000 \text{ ladrillos} = 17.931 \text{ m}^2$$

$$A_{bloquer-hueco} = 180.69 \text{ cm}^2 \times 1000 \text{ ladrillos} = 18.069 \text{ m}^2$$

El área del ladrillo super King-Kong de 14x24x9cm³

$$A_{ladKK-total} = 14 \text{ cm} \times 24 \text{ cm} = 0.0336 \text{ m}^2$$

Para el área total, se requiere un total de 1971 ladrillos super King-Kong.

$$A_{ladKK} = 247.64 \text{ cm}^2 \times 1971 \text{ ladrillos} = 48.81 \text{ m}^2$$

$$A_{ladKK-hueco} = 88.36 \text{ cm}^2 \times 1971 \text{ ladrillos} = 17.416 \text{ m}^2$$

De acuerdo a la Figura 21. Dentro del esquema de la propuesta N°1, se muestran los datos correspondientes al cálculo de la transferencia de calor:

$$k_{mortero} = 0.57 \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad - \quad L_1 = 25 \text{ mm}$$

$$k_{ladrillo} = 0.72 \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad - \quad L_2 = 200 \text{ mm}$$

$$k_{aire} = 0.082 \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad - \quad L_3 = 90 \text{ mm}$$

$$k_{acero} = 27.6 \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad - \quad L_4 = 4 \text{ mm}$$

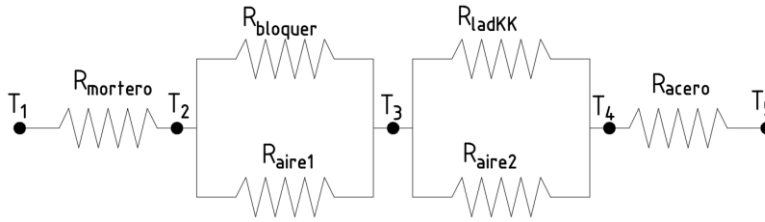
Temperatura en la plataforma sobre rieles y temperatura admisible para la plataforma:

$$T_1 = 900^\circ\text{C} \quad t = 10 \text{ hr}$$

$$T_5 = 30^\circ\text{C}$$

La configuración de la red de resistencias térmicas correspondiente a la sección representativa se ilustra en la Figura 24. Cada una de las resistencias se somete a evaluación como resistente:

Figura 24. Esquema de la red de resistencia térmica de la propuesta N°1



Nota: Elaboración propia.

$$R_{mortero} = \frac{L_1}{k_{mortero} \times A_{total}} = 0.001218 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

$$R_{bloquer} = 0.015491 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W, R_{aire1} = 0.134984 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

$$R_{ladKK} = 0.002561 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W, R_{aire2} = 0.063021 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

$$R_{acero} = 0.000004 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

Las diversas resistencias $R_{bloquer}$, R_{aire1} , R_{ladKK} y R_{aire2} son paralelas y su resistencia equivalente se establece a partir de su resistencia equivalente:

$$R_{med1} = \frac{1}{\frac{1}{R_{bloquer}} + \frac{1}{R_{aire1}}} = 0.0139 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

$$R_{med2} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ladKK}} + \frac{1}{R_{aire2}}} = 0.00246 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

Todas las resistencias se encuentran en serie, resultando en la siguiente resistencia total:

$$R_{total} = R_{mortero} + R_{med1} + R_{med2} + R_{acero}$$

$$R_{total} = 0.01758 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

Por lo tanto, el principio de transferencia de calor estacionaria a través del aislante térmico queda establecido:

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_5}{R_{total}} = 49.488 \text{ kW}$$

Calculando el calor disipado en $t=10$ horas

$$Q = \dot{Q} \times t = 425522.272 \text{ kcal}$$

La determinación de la temperatura de la superficie interior puede realizarse mediante la identificación de la razón subyacente de la transferencia de calor:

$$T_2 = T_1 - \dot{Q} \times R_{\text{mortero}} = 839.707 \text{ } ^\circ\text{C}$$

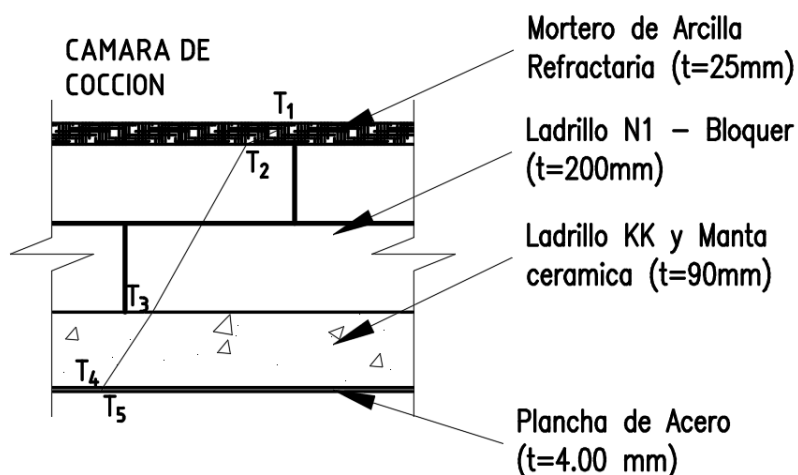
$$T_3 = T_2 - \dot{Q} \times R_{\text{med1}} = 151.988 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_4 = T_3 - \dot{Q} \times R_{\text{med2}} = 30.199 \text{ } ^\circ\text{C}$$

b) *Propuesta N°2*

Esta propuesta incluye el uso de mortero de arcilla refractaria del distrito de San Pablo, ladrillo Bloquer de $12 \times 30 \times 20 \text{ cm}^3$, ladrillo super K-K de $14 \times 24 \times 9 \text{ cm}^3$ y una combinación con manta cerámica, y finalmente una plancha de acero de espesor de 4 mm.

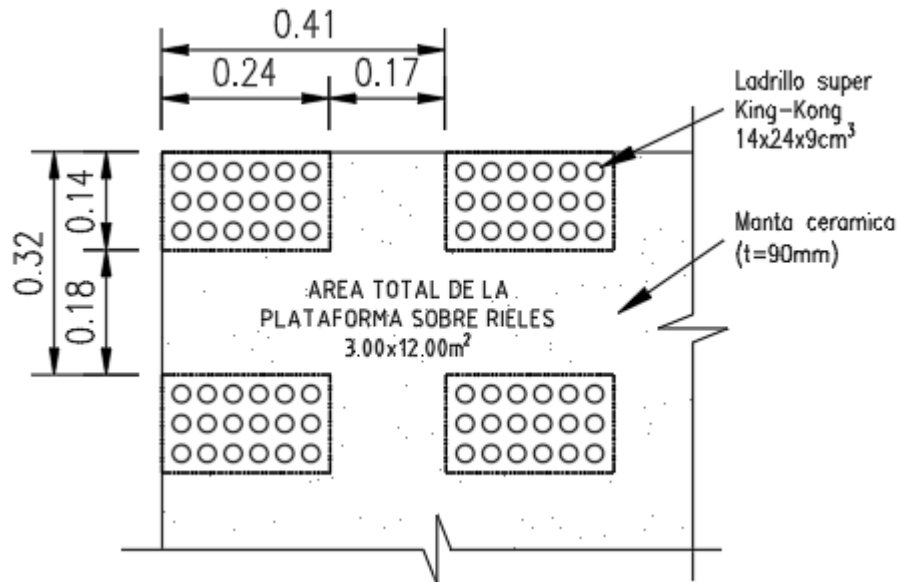
Figura 25. Propuesta N°2 de aislamiento del calor.



Nota: Se muestra un esquema de la propuesta N°2 del aislamiento de calor para la plataforma.

Elaboración propia.

Figura 26. Propuesta de ubicación del ladrillo S K-K y la manta cerámica.



Nota: Se muestra un esquema de la propuesta de ubicación del ladrillo S K-K y la manta cerámica, en el área de la plataforma sobre rieles. Elaboración propia.

Área de la Plataforma sobre rieles:

$$A_{total} = 36.00 \text{ m}^2$$

Área del bloquer de 12x30x20cm³

$$A_{bloq-total} = 12 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 0.036 \text{ m}^2$$

Para el área total, se requiere un total de 1000 ladrillos bloquer.

$$A_{bloquer} = 17.931 \text{ m}^2$$

$$A_{bloquer-hueco} = 18.069 \text{ m}^2$$

Área del Ladrillo super King-Kong de 14x24x9cm³

$$A_{ladKK-total} = 14 \text{ cm} \times 24 \text{ cm} = 0.0336 \text{ m}^2$$

Para el área total, se requiere un total de 300 ladrillos super King-Kong.

$$A_{ladKK} = 247.64 \text{ cm}^2 \times 300 \text{ ladrillos} = 7.429 \text{ m}^2$$

$$A_{ladKK-hueco} = 88.36 \text{ cm}^2 \times 300 \text{ ladrillos} = 2.651 \text{ m}^2$$

Área de la manta cerámica, se altura instalada de 90mm.

$$A_{manta} = A_{total} - A_{ladKK-total} \times \text{Cantidad de ladrillos}$$

$$A_{manta} = 25.92 \text{ m}^2$$

De acuerdo a la Figura 25. Dentro del esquema de la propuesta N°2, se muestran los datos correspondientes al cálculo de la transferencia de calor:

$$k_{mortero} = 0.57 \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad - \quad L_1 = 25 \text{ mm}$$

$$k_{ladrillo} = 0.72 \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad - \quad L_2 = 200 \text{ mm}$$

$$k_{aire} = 0.082 \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad - \quad L_3 = 90 \text{ mm}$$

$$k_{manta} = 0.16 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$k_{acero} = 27.6 \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad - \quad L_4 = 4 \text{ mm}$$

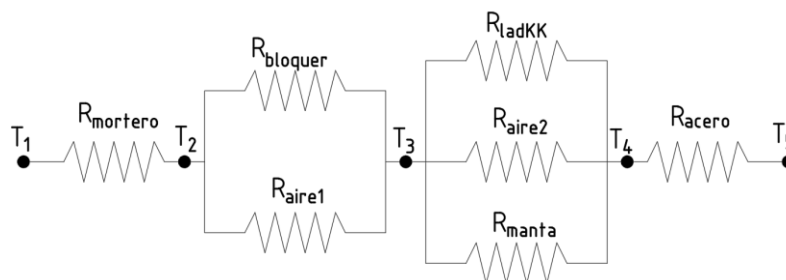
Temperatura en la plataforma sobre rieles y temperatura admisible para la plataforma:

$$T_1 = 900^\circ\text{C} \quad t = 10 \text{ hr}$$

$$T_5 = 30^\circ\text{C}$$

La configuración de la red de resistencias térmicas correspondiente a la sección representativa se ilustra en la Figura 27. Cada una de las resistencias se somete a evaluación como resistente:

Figura 27. Esquema de la red de resistencia térmica de la propuesta N°2



Nota: Elaboración propia.

$$R_{mortero} = \frac{L_1}{k_{mortero} \times A_{total}} = 0.001218 \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

$$R_{bloquer} = 0.015491 \Delta^{\circ}\text{C}/W, \quad R_{aire1} = 0.134984 \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

$$R_{ladKK} = 0.016825 \Delta^{\circ}\text{C}/W, \quad R_{aire2} = 0.414049 \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

$$R_{manta} = 0.022 \Delta^{\circ}\text{C}/W, \quad R_{acero} = 0.000004 \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

Las diversas resistencias $R_{bloquer}$, R_{aire1} , R_{ladKK} , R_{aire2} y R_{manta} son paralelas y su resistencia equivalente se establece a partir de su resistencia equivalente:

$$R_{med1} = \frac{1}{\frac{1}{R_{bloquer}} + \frac{1}{R_{aire1}}} = 0.0139 \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

$$R_{med2} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ladKK}} + \frac{1}{R_{aire2}} + \frac{1}{R_{manta}}} = 0.00927 \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

Todas las resistencias se encuentran en serie, resultando en la siguiente resistencia total:

$$R_{total} = R_{mortero} + R_{med1} + R_{med2} + R_{acero}$$

$$R_{total} = 0.02438 \Delta^{\circ}\text{C}/W$$

Por lo tanto, el principio de transferencia de calor estacionaria a través del aislante térmico queda establecido:

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_5}{R_{total}} = 35.679 \text{ kW}$$

Calculando el calor disipado en $t=10$ horas

$$Q = \dot{Q} \times t = 306780.931 \text{ kcal}$$

La determinación de la temperatura de la superficie interior puede realizarse mediante la identificación de la razón subyacente de la transferencia de calor:

$$T_2 = T_1 - \dot{Q} \times R_{mortero} = 956.532 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = T_2 - \dot{Q} \times R_{med1} = 360.719 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_4 = T_3 - \dot{Q} \times R_{medz} = 30.144 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.4.2 Análisis y selección del sistema de aislamiento térmico para la plataforma

Se elabora un cuadro comparativo técnico para evaluar el desempeño térmico y la viabilidad constructiva de dos alternativas de aislamiento térmico, con el fin de seleccionar la solución más adecuada para la plataforma sobre rieles del horno tipo paulista.

Tabla 11. Cuadro comparativo técnico de las propuestas de aislamiento térmico.

 AISLANTE TERMICO PARA PLATAFORMA SOBRE RIELES 		
	PROPUESTA N°1	PROPUESTA N°2
Temperatura en la Plataforma	900 °C	900 °C
Temperatura adm. de la Estructura	30 °C	30 °C
CAPA N°1	Mortero de Arcilla Refractaria	Mortero de Arcilla Refractaria
CAPA N°2	Ladrillo Bloquer de 12x30x20cm ³	Ladrillo Bloquer de 12x30x20cm ³
CAPA N°3	Ladrillo Super K-K de 14x24x9cm ³	Ladrillo S K-K y Manta Cerámica
CAPA N°4	Plancha de Acero (4mm)	Plancha de Acero (4mm)
RESULTADOS		
<i>R_{total}</i>	0.01758 Δ°C/W	0.02438 Δ°C/W
Razón de Transferencia de Calor	49.488 kW	35.679 kW
<i>Temperatura en el Interior</i>		
T2	839.707 °C	856.532 °C
T3	151.988 °C	360.719 °C
T4	30.199 °C	30.144 °C

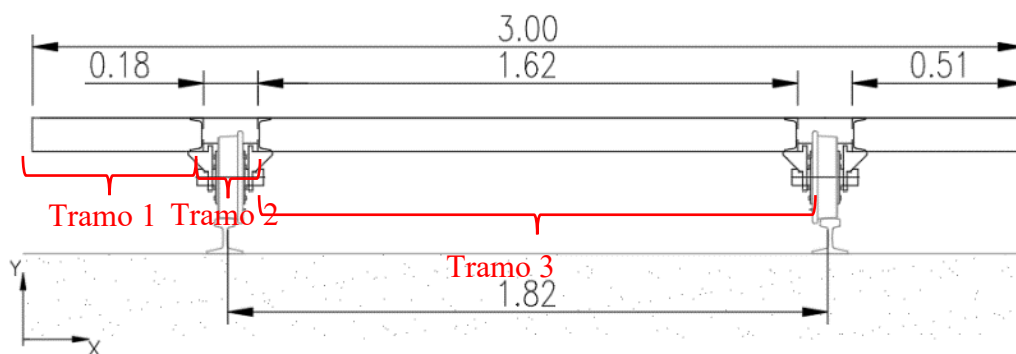
Nota: Elaboración propia.

El análisis comparativo de dos alternativas de aislamiento térmico determina que la segunda propuesta, que combina manta cerámica y ladrillo super King-Kong, presenta una diferencia de 13.809 kW en la razón de transferencia de calor. Esta diferencia es significativa, ya que limita el flujo térmico hacia la estructura, controla el incremento de temperatura en elementos críticos, y mejora la seguridad operativa. Además, reduce las pérdidas energéticas durante la operación del horno, justificando su selección como la mejor opción para el diseño de la plataforma sobre rieles.

3.2.5 Efectos térmicos en la plataforma

La evaluación de los efectos térmicos en la estructura de acero expuesta a temperaturas cercanas a 30 °C es esencial, especialmente cuando la plataforma sobre rieles opera cerca de fuentes de calor. El incremento térmico provoca dilatación, lo que puede ocasionar deformaciones y esfuerzos internos. A esta temperatura, el acero mantiene su resistencia mecánica, aunque pueden ocurrir variaciones dimensionales y leves cambios en sus propiedades elásticas, afectando el comportamiento estructural.

Figura 28. Esquema del dimensionamiento de la plataforma sobre rieles



Nota: Elaboración propia.

De la Figura 28. Esquema del dimensionamiento de la plataforma sobre rieles, se identifican tres tramos donde se produce la dilatación térmica lineal, en la dirección longitudinal

(eje X), como consecuencia de la exposición de la plataforma a un incremento de temperatura durante la operación del horno. Por ello, el estudio de la dilatación en estos tramos es determinante para anticipar holguras constructivas, dispositivos de compensación o criterios de diseño que absorben la dilatación térmica sin afectar la estabilidad, alineamiento o integridad estructural del sistema.

3.2.5.1 Dilatación térmica en la plataforma

La exposición a 30 °C de la plataforma sobre rieles, produce una dilatación térmica volumétrica, sin embargo, la dilatación más relevante es perpendicular a la sección transversal por lo que se considera la dilatación térmica lineal, además de trabajar con un perfil homogéneo con sección transversal uniforme.

El acero presenta un coeficiente de dilatación lineal promedio de $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, lo que permite estimar la variación de longitud a través de la siguiente expresión:

$$\delta_T = \alpha \times L_0 \times \Delta T$$

Donde:

$\delta_T = L_f - L_0$: Se trata de la Dilatación térmica lineal

L_0 : Longitud inicial

$\Delta T = T_2 - T_1$: Cambio en la magnitud de temperatura

De los tres tramos que se exponen a incremento de temperatura, el tramo tres se considera el más crítica, ya que este tramo al expandirse afecta directamente a los apoyos (ruedas). Por lo que, la deformación correspondiente es:

Tabla 12. Dilatación en la plataforma sobre rieles

TRAMO	L_{tramo}	DILATACIÓN
Tramo 1 [δ_1]	0.51 m	0.08 mm
Tramo 2 [δ_2]	0.18 m	0.028 mm
Tramo 3 [δ_3]	1.62 m	0.253 mm
Dilatación total [δ_T]	3.00 m	0.468 mm

Nota: Elaboración propia.

En la dirección longitudinal (eje Z) de 12 m, se presenta dilatación térmica sin restricción significativa, ya que el sistema se apoya en ruedas que permiten el desplazamiento. Esta configuración minimiza los esfuerzos térmicos, siempre que los apoyos móviles funcionen adecuadamente y no haya interferencias, bloqueos o fricción excesiva.

Por lo que, la deformación correspondiente, en los 12 m de la estructura, es:

$$\delta_T = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 12\text{m} \times (30^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C})$$

$$\delta_T = 1.872 \text{ mm}$$

3.2.5.2 Esfuerzos térmicos

La dilatación térmica, aunque mínima, puede alterar el alineamiento geométrico, las tolerancias dimensionales y el comportamiento estructural de la plataforma. Si esta dilatación está restringida, se generan esfuerzos térmicos internos. A 30°C, el acero mantiene sus propiedades mecánicas, con un módulo de elasticidad de E=200 GPa, lo que permite estimar el esfuerzo térmico mediante una expresión específica:

$$\sigma_T = E \times \alpha \times \Delta T$$

Donde:

σ_T : Esfuerzo térmico

ΔT : Variación de temperatura

$$\sigma_T = 31.2 \text{ MPa}$$

Este esfuerzo térmico representa un valor significativo, que puede alcanzar una fracción importante del límite elástico del acero estructural común ($\sigma_f = 250 \text{ MPa}$), evidenciando la necesidad de considerar juntas de dilatación, holguras constructivas o elementos flexibles que permitan la expansión térmica sin inducir tensiones excesivas.

3.2.6 Cálculo y selección del sistema de ventilación de la cámara motriz

3.2.6.1 Objetivo del sistema de ventilación

El sistema de ventilación para la cámara motriz tiene como finalidad mantener la temperatura de operación por debajo de:

$$T_{adm,sistema} = 30 \text{ °C}$$

Este criterio térmico se establece con el propósito de garantizar condiciones adecuadas de funcionamiento de los rodamientos, evitando la degradación del lubricante y permitiendo despreciar los efectos de esfuerzos térmicos en el análisis mecánico del sistema.

3.2.6.2 Condiciones de operación y geometría de la cámara

La cámara motriz se encuentra expuesta a una fuente de calor externa (horno), por lo que el incremento de temperatura se debe a la transferencia térmica a través del sistema de aislamiento.

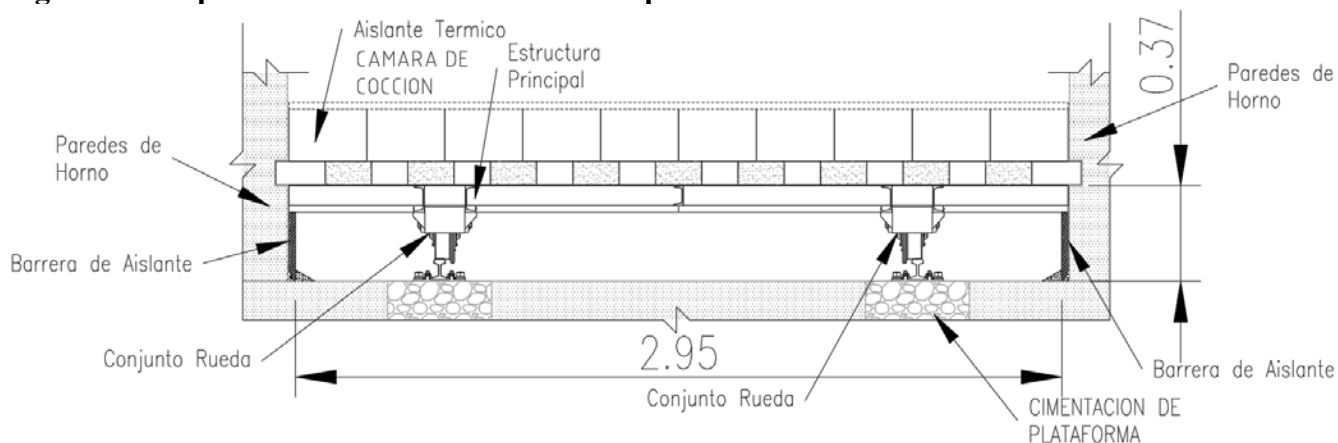
Las dimensiones de la cámara son:

- Longitud: 12 m
- Ancho: 2.95 m
- Altura: 0.37 m

El volumen total es:

$$V = 12 \times 2.95 \times 0.37 = 13.098 \text{ m}^3$$

Figura 29. Esquema de la cámara motriz de la plataforma.



Nota: Elaboración propia.

Asimismo, se considera una temperatura ambiente de:

$$T_{amb} = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.2.6.3 Transferencia de calor a través del techo

La razón de transferencia de calor se da desde el techo o parte superior, de la plataforma hacia esta cámara motriz, de la Tabla 11. Cuadro comparativo técnico de las propuestas de aislamiento térmico. Que para la propuesta N°2, se tiene que:

$$Q = 35.679 \text{ kW}$$

Convertimos a BTU/h , por ser una unidad para la capacidad de enfriamiento:

$$Q = 35679.0 \text{ W} \times 3.41214 \frac{BTU/h}{W} \approx 121741.1 \text{ BTU/h}$$

3.2.6.4 Cálculo del caudal de aire necesario

Para calcular el caudal de aire necesario, se usará la fórmula siguiente:

$$Q_{aire} = \frac{Q_{total}}{1.08 \times \Delta T_{aire}}$$

Donde:

Q_{aire} : Caudal de aire en CFM (pie cubico por minuto).

Q_{total} : Carga térmica total en BTU/h .

1.08: Constante que depende de las propiedades del aire.

ΔT_{aire} : Diferencia de temperatura permitida en el aire.

La diferencia de temperatura de entrada y salida del aire, de la temperatura asumida en la cámara motriz es de 30°C y la temperatura ambiente es de 17°C.

$$\Delta T_{aire} = (30 - 17)^\circ\text{C} = 13^\circ\text{C}$$

Convirtiendo a La escala Fahrenheit (°F):

$$\Delta T_{aire} = \left(13^\circ\text{C} \times \frac{9}{5}\right) = 23.4^\circ\text{F}$$

Con estos resultados, calculamos el caudal del aire en CFM:

$$Q_{aire} = \frac{12171.1 \text{ BTU}/h}{1.08 \times 23.4^\circ\text{F}} \approx 4817.23 \text{ CFM}$$

$$Q_{aire} = 4817.23 \text{ CFM} \approx 8184.52 \text{ m}^3/h$$

3.2.6.5 Selección del ventilador para el sistema de ventilación

Con el dato del caudal que se calcularon previamente, además de tener las condiciones como la densidad y temperatura del aire.

$Q_{aire} = 8184.52 \text{ m}^3/h$: Caudal del aire necesario.

$\rho = 0.81 \text{ kg}/\text{m}^3$: Densidad del aire.

$T = 17^\circ\text{C}$: Temperatura ambiente.

Con estos datos se procede a seleccionar en el programa de SODECA, de donde se nos recomienda los modelos de ventiladores que cumplen con lo requerido.

Figura 30. Modelos de ventiladores helicoidales para el sistema de ventilación.

Modelos	Voltaje (V)	Velocidad (rpm)	Velocidad (m/s)	Presión estática (Pa)	Consumo eléctrico (W)	Consumo eléctrico (kWh/año)	Consumo eléctrico (kWh/año)	Consumo eléctrico (kWh/año)	Consumo eléctrico (kWh/año)	Consumo eléctrico (kWh/año)	Consumo eléctrico (kWh/año)	
MODELOS ESTÁNDAR (5 MODELOS)												
<input type="radio"/> HCH-90-4T-3/AL 60HZ	1735	380-480 V Y	60/3	4,72	2,2	95	53	4,546	8215	323,4		
<input type="radio"/> HCH-80-4T-3/PL 60HZ	1735	380-480 V Y	60/3	4,72	2,2	95	53	4,546	8215	323,4		
<input type="radio"/> CBD-3939-6T 3/HE 60HZ	1070	380-480 V Y	60/3	6,3	2,2	90	39	13,75	9456	428,5		
<input type="radio"/> PF/EC-H-1240-2T-5.5 IE5	2930	380-480 V	50/3	7,58	4	91	40	14,3	8185	321		
<input type="radio"/> PF/EC-V-1240-2T-5.5 IE5	2930	380-480 V	50/3	7,58	4	91	40	14,3	8185	321		
MODELOS CON ÁNGULO/RPM Y MOTOR PERSONALIZADOS SEGÚN PUNTO DE DISEÑO (5 MODELOS)												
<input checked="" type="radio"/> THT-45-2/4T-3-18°-F-300 60HZ	3500	380-480 V	60/3	5,79/1,78	2,2/0,5	90	35	14,63	8379	336,4		
<input type="radio"/> THT/CL-45-2/4T-3-18°-F-300 60HZ	3500	380-480 V	60/3	5,79/1,78	2,2/0,5	90	39	14,63	8379	336,4		
<input type="radio"/> THT/CL-45-2/4T-3-18°-F-400 60HZ	3500	380-480 V	60/3	5,73/1,48	2,2/0,5	90	46	14,63	8379	336,4		
<input type="radio"/> CJTHT-45-2/4T-3-18°-F-300 60HZ	3500	380-480 V	60/3	5,79/1,78	2,2/0,5	85	34	14,63	8379	336,4		
<input type="radio"/> CJTHT-45-2/4T-3-18°-F-400 60HZ	3500	380-480 V	60/3	5,73/1,48	2,2/0,5	85	61	14,63	8379	336,4		

Nota: Modelos de ventiladores helicoidales. Tomada del programa SODECA Quickfan.

De estas recomendaciones se selecciona el modelo THT-45-2/4T-3-18°-F-300 60HZ, con carcasa corta.

Debido a que el sistema de ventilación no presenta ductos y las pérdidas de carga son despreciables, se selecciona un ventilador helicoidal, adecuado para mover grandes volúmenes de aire a baja presión.

En base al catálogo de la empresa SODECA, se selecciona un ventilador de la modelo THT-45-2/4T-3-18°-F-300 60HZ, con las siguientes características:

Figura 31. Características técnicas del ventilador THT-45-2/4T-3-18°-F-300 60HZ
Características técnicas

Caudal máximo (m ³ /h)	12058/5977
Velocidad (rpm)	3500/1735
Presión estática máxima (Pa)	591,3/145,3
Presión total máxima (Pa)	613,7/150,8

Nota: Tomada del programa SODECA Quickfan.

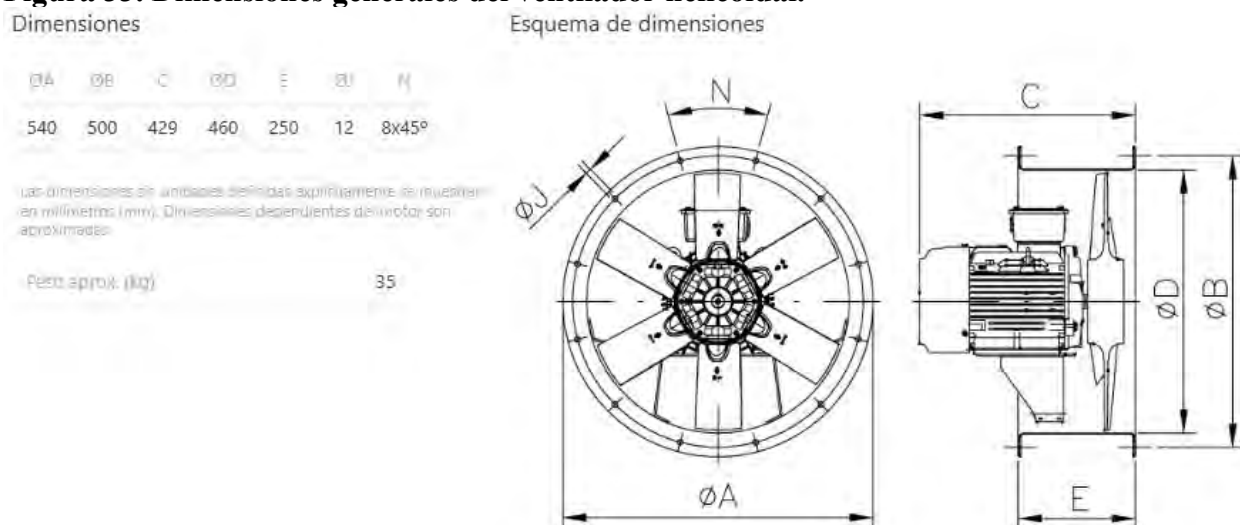
Figura 32. Características técnicas del motor del ventilador.

Datos del motor

Potencia Mecánica Nominal (kW)	2,2/0,5
Hz/fases	60/3
Motor (rpm)	3485/1720
Polos	2/4P
Corriente máx. (A) 380-480 V	5,79/1,78
Protección del motor	IP55
Clase motor	F300
Tamaño del bastidor del motor	90L

Los datos pueden cambiar, por favor consulte la placa del motor

Nota: Tomada del programa SODECA Quickfan.

Figura 33. Dimensiones generales del ventilador helicoidal.

Nota: Tomada del programa SODECA Quickfan.

Este tipo de ventilador permite una instalación sencilla y es adecuado para aplicaciones de ventilación industrial con descarga directa a la cámara motriz.

3.3 Parámetros de diseño mecánico

La estructura de la plataforma sobre rieles se basa en parámetros geométricos, mecánicos y operativos definidos a partir del diagnóstico del horno tipo paulista existente, las limitaciones dimensionales del entorno de la planta y las condiciones reales de carga y operación. Estos parámetros constituyen la base para el posterior desarrollo del diseño térmico, mecánico estructural y el análisis mediante elementos finitos.

3.3.1 Dimensionamiento de la plataforma

La determinación de las dimensiones de la plataforma se lleva a cabo teniendo en cuenta las dimensiones internas del horno de tipo paulista, la capacidad de carga necesaria y el espacio disponible para las operaciones de ingreso y retiro de la plataforma.

- **Longitud del horno existente:** 12,00 m
- **Espacio disponible lateral:** 15,00 m a cada lado del horno
- **Número de plataformas:** 2
- **Capacidad por plataforma:** 20 000 ladrillos

Tabla 13. Dimensiones geométricas preliminares de la plataforma

Parámetro	Dimensión
Longitud de plataforma	12.00 m
Ancho de plataforma	2.98 - 3.00 m
Altura de Estructura principal	0.46 – 0.48 m
Altura total	0.78 – 0.80 m
Separación entre ejes de ruedas	Optimizada estructuralmente

Nota: se definen las dimensiones geométricas generales de la plataforma sobre rieles.

Elaboración propia.

Estas dimensiones serán verificadas y ajustadas mediante análisis estructural y simulación FEM en capítulos posteriores.

3.3.2 Materiales para la Plataforma

La selección de materiales se basa en criterios de **resistencia mecánica, comportamiento térmico, disponibilidad local y costo.**

Tabla 14. Materiales estructurales propuestos

Componente	Material
Estructura principal	Acero estructural ASTM A36
Ruedas	Hierro fundido gris
Rieles	Acero laminado
Elementos aislantes	Manta de fibra cerámica
Rodamientos	SKF

Nota: se definen los materiales estructurales propuestos para la plataforma sobre rieles.

Elaboración propia.

3.3.3 Evaluación de Carga de Diseño

La evaluación de cargas toma en cuenta las circunstancias efectivas de funcionamiento durante el traslado, la cocción y el enfriamiento de los ladrillos.

3.3.3.1 Carga Estática

a) *Peso propio de la estructura principal*

La carga estática corresponde al peso total aplicado sobre la estructura incluido todos los componentes de la estructura principal.

$$P_{estructura} = W_{estructura} \times g$$

donde:

- $W_{estructura}$: masa de la estructura principal y componentes
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Esta carga es utilizada para el diseño estructural base y como condición inicial para el análisis FEM.

Al estimar el peso aproximado de la estructura primordial de la plataforma sobre rieles, se obtiene un valor preliminar que facilita la realización de los análisis iniciales de carga y comportamiento de la estructura. Sin embargo, este valor puede ser modificado subsecuentemente una vez establecida la elección definitiva de los perfiles estructurales, dado que las propiedades geométricas y mecánicas del perfil seleccionado ejercerán una influencia directa en el peso de la estructura.

$$P_{estructura} = 1\,200\text{ kg}$$

b) *Peso del aislamiento térmico*

En el apartado 3.2.4.1, se seleccionó la propuesta N°2 para el cálculo del aislamiento térmico de la plataforma sobre rieles, la cual detalla las cantidades exactas de los materiales del sistema. A continuación, se especifican las propiedades de estos materiales para calcular el peso total del aislamiento térmico y evaluar su impacto en el diseño mecánico de la plataforma.

Tabla 15. Materiales del aislamiento térmico

Componente	Cantidad	Peso / Densidad
Arcilla Refractaria (t=25.00 mm)	$V_{arcilla} = t \times A_{total}$ $V_{arcilla} = 0.9\text{ m}^3$	$\rho_{arcilla} = 2050\text{ kg/m}^3$
Ladrillo Bloquer de 12x30x20cm3	1000 ladrillos	$W_{bloquer} = 5.0\text{ kg}$
Ladrillo super King-Kong de 14x24x9cm3	300 ladrillos	$W_{ladSK-K} = 3.5\text{ kg}$
Manta de Fibra Cerámica	$V_{manta} = h_{ladrillo}$ $\times A_{manta}$ $V_{manta} = 2.333\text{ m}^3$	$\rho_{manta} = 128\text{ kg/m}^3$
Plancha de Acero (2.4m x 1.2m x 4.00mm)	12.5 planchas	$\rho_{acero} = 7850\text{ kg/m}^3$

Nota: se definen las propiedades de los materiales del aislamiento térmico. Elaboración

propia.

- La arcilla refractaria

$$P_{arcilla} = V_{arcilla} \times \rho_{arcilla}$$

$$P_{arcilla} = 1\ 845\ kg$$

- Ladrillo Bloquer

$$P_{bloquer} = Cant_{bloquer} \times W_{bloquer}$$

$$P_{bloquer} = 5\ 000\ kg$$

- Ladrillo Super K-K

$$P_{ladSK-K} = Cant_{ladSK-K} \times W_{ladSK-K}$$

$$P_{ladSK-K} = 1\ 050\ kg$$

- Manta de Fibra Cerámica

$$P_{manta} = V_{manta} \times \rho_{manta}$$

$$P_{manta} = 298.624\ kg$$

- Plancha de Acero (2.4m x 1.2m x 4.00mm)

$$P_{acero} = Cant_{acero} \times V_{acero} \times \rho_{acero}$$

$$P_{acero} = 1\ 130.4\ kg$$

El peso total del aislamiento térmico es:

$$P_{aislamiento} = P_{arcilla} + P_{bloquer} + P_{ladSK-K} + P_{manta} + P_{acero}$$

$$P_{aislamiento} = 9\ 324.024\ kg$$

c) *Peso Total de la Plataforma*

El peso total está dado por:

$$W_{total} = P_{estructura} + P_{aislamiento}$$

$$W_{total} = 10\ 524.024\ kg$$

3.3.3.2 Carga a transportar

Se considera un ladrillo estándar con un peso promedio de:

- **Peso unitario del ladrillo cocido:** 3,50 kg
- **Peso unitario del ladrillo crudo:** 3.75 kg
- **Cantidad por plataforma:** 20 000 unidades

$$W_{ladrillos} = 20\,000 \times 3.75 = 75\,000 \text{ kg}$$

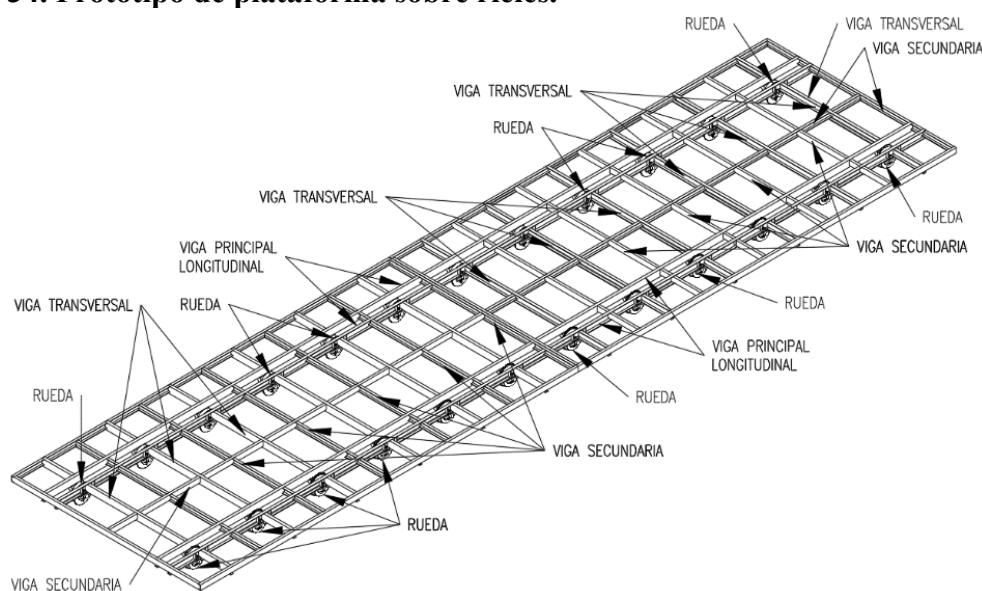
CAPÍTULO IV: DISEÑO MECÁNICO DE LA PLATAFORMA

4.1 Dimensionamiento de la plataforma

El dimensionamiento de la plataforma sobre rieles se basa en una configuración estructural tipo viga hiperestática, utilizando múltiples puntos de apoyo mediante ruedas distribuidas, lo que mejora la distribución de cargas y minimiza momentos flectores y deformaciones, fortaleciendo así la estabilidad estructural. La cantidad de ruedas se determina por la capacidad de carga total, la reducción de esfuerzos puntuales en los rieles y limitaciones geométricas, optimizando el peralte sin comprometer resistencia o rigidez. Sin embargo, esto también introduce complejidades en el análisis estructural y mayores exigencias en fabricación y mantenimiento. La plataforma es rectangular, con cuatro vigas principales longitudinales, 25 vigas transversales, y 24 ruedas de traslación. Se utilizará un sistema motriz externo para su desplazamiento y la representación gráfica se realizó en SolidWorks, con una evaluación posterior de la viabilidad estructural de los componentes durante su implementación.

4.1.1 Configuración estructural de la plataforma

Figura 34. Prototipo de plataforma sobre rieles.



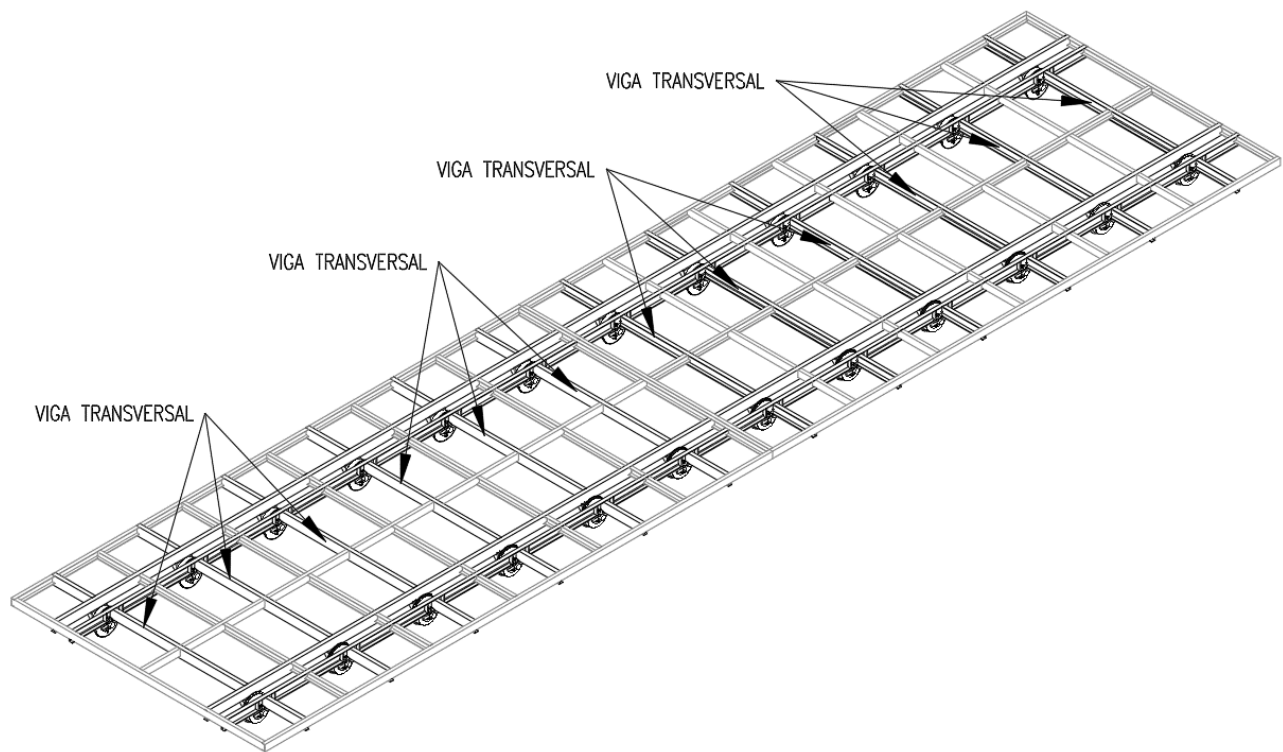
Nota: Elaboración Propia.

Para efectuar el análisis matemático en el estudio de los componentes estructurales esenciales del proyecto en cuestión, se utilizarán las ecuaciones de la mecánica de materiales convencionales.

4.2 Dimensionamiento y cálculo de vigas transversales

En el proceso del diseño se tomaron en consideraron 25 vigas transversales que se conectarán con las vigas longitudinales o principales de la plataforma, tal como se evidencia en la Figura 35.

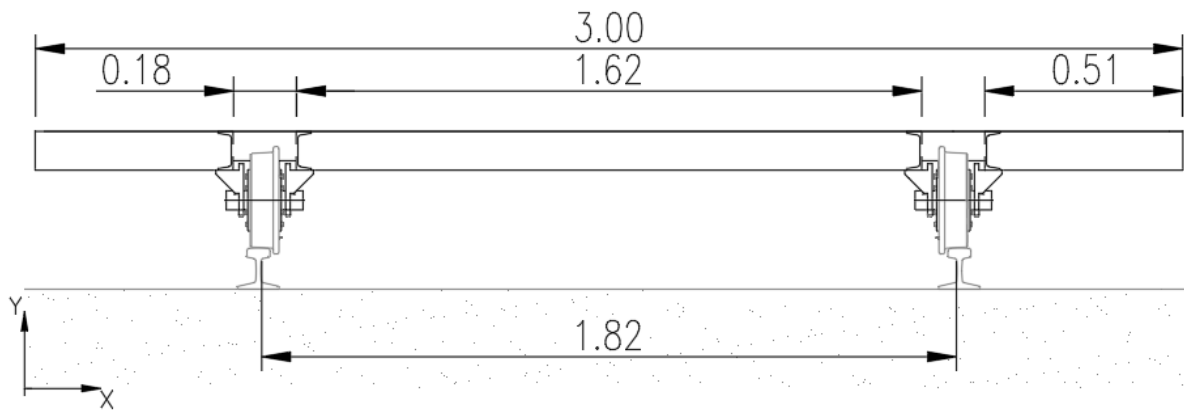
Figura 35. Vigas transversales del diseño de la plataforma.



Nota: Elaboración propia.

Para el voladizo, la distancia entre los lados es de 0.51 m, mientras que para las vigas principales es de 0.18 m a 1.62 m.

Figura 36. Esquema de la viga transversal



Nota: Elaboración propia.

La viga transversal es un elemento estructural caracterizado como una viga continua con cuatro apoyos, lo que la convierte en un sistema estáticamente indeterminado (hiperestático). Se analiza bajo la influencia de una carga distribuida uniforme a lo largo de su longitud, que representa tanto su peso como las cargas adicionales (ladrillos) que transporta:

$$W_{propio} = 10\,524.024 \text{ kg}$$

$$W_{ladrillos} = 75\,000 \text{ kg}$$

La plataforma sobre rieles puede transportar 20,000 ladrillos, de 75,000 kg cada uno, con un peso propio de 10,524.024 kg. Este peso se distribuye uniformemente entre 25 travesaños a lo largo de su longitud.

Para el ladrillo:

$$q_{ladrillos} = \frac{W_{ladrillos}}{N^{\circ} \text{ travesaños}} = \frac{75\,000 \text{ kg}}{25}$$

$$q_{ladrillos} = \frac{75\,000 \text{ kg}}{3.00 \text{ m}}$$

$$q_{ladrillos} = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 9.807 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

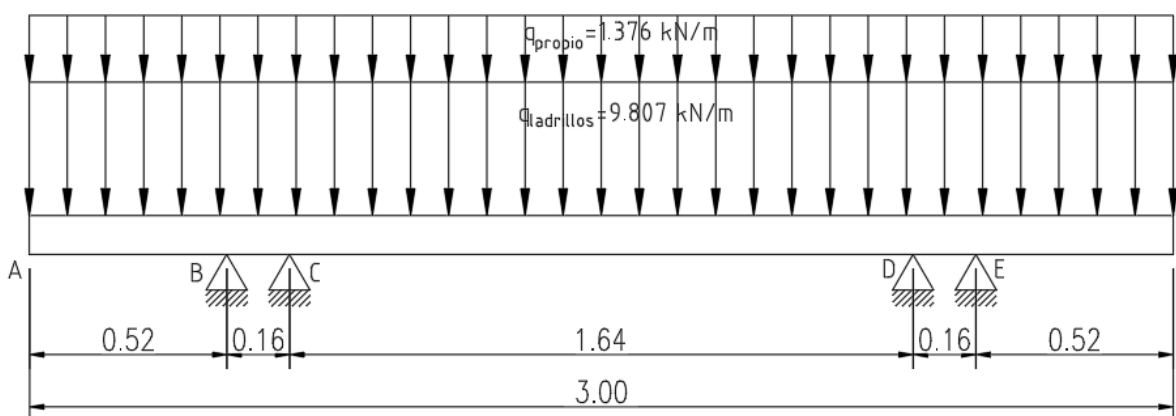
Para el peso propio:

$$q_{propio} = \frac{W_{propio}}{\frac{N^{\circ} \text{ travesaños}}{\text{Longitud de viga}}} = \frac{10\,524.024 \text{ kg}}{25 \cdot 3.00 \text{ m}}$$

$$q_{propio} = 140.32 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 1.376 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Se determina el esquema estructural apropiado en estas circunstancias, que es la base para examinar los esfuerzos, las reacciones y las deformaciones de la viga.

Figura 37. Esquema estructural con cuatro apoyos fijos



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se especificarán las etapas ejecutadas para el análisis estático, diseño y elección del travesaño:

4.2.1 Determinación de la deflexión máxima permitido

La normativa CMAA 70, en su apartado 3,5,5,1, estipula que la deflexión vertical máxima permitida en una viga sostenida en ambos extremos y capaz de soportar el peso de una carga, no debe superar el valor de $l/888$, tal como se ilustra en la siguiente ecuación, donde l simboliza la distancia de luz del tramo más extenso entre los apoyos.

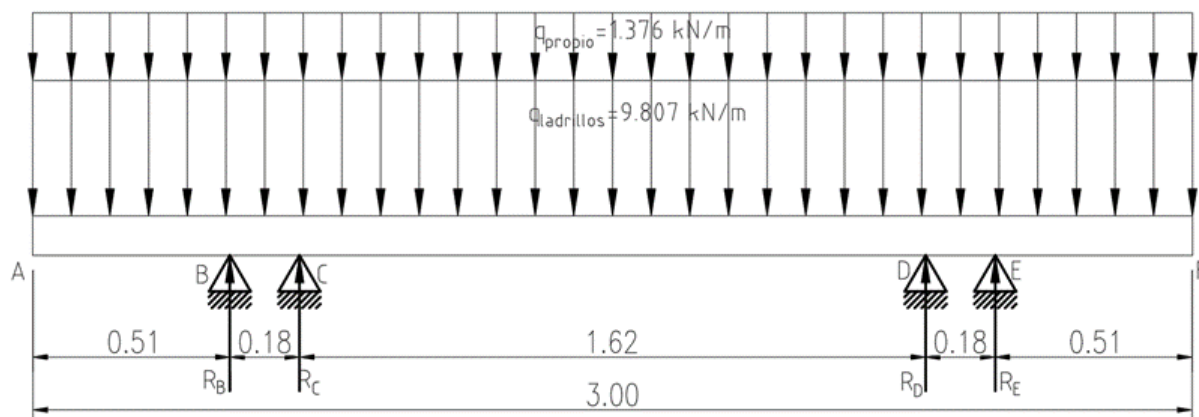
$$\gamma_{max} < \frac{l}{888} = \frac{1640 \text{ mm}}{888}$$

$$\gamma_{max} = 1.824 \text{ mm}$$

4.2.2 Determinación de momento referencial de inercia

La sección transversal de la plataforma se determinará inicialmente a partir del momento referencial de inercia y la máxima deflexión permitida. A continuación, se elaborará el Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) de la viga transversal, tal como se representa en la Figura 38.

Figura 38. D.C.L. de la viga transversal.



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se determina el grado de indeterminación estática (grado de hiperestaticidad):

$$G.H. = N^{\circ} \text{ de Incog.} - N^{\circ} \text{ de Ecuaciones}$$

Donde:

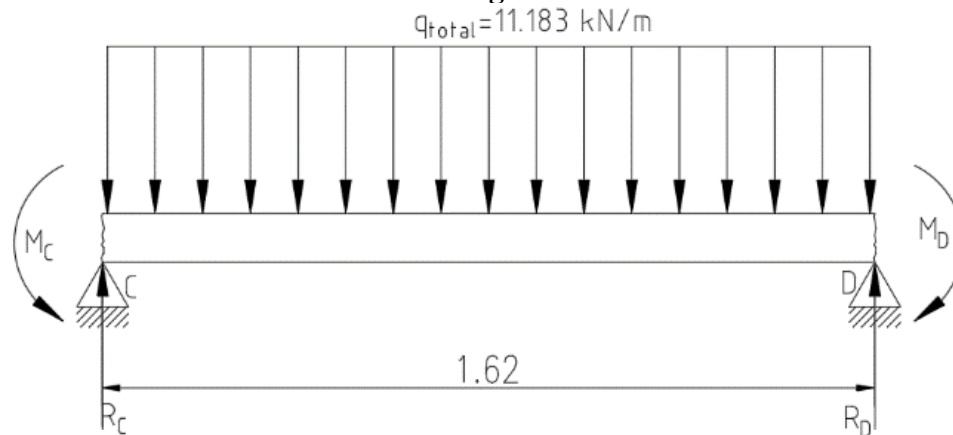
$$G.H. = 4 - 2 = 2$$

El diagrama del cuerpo libre de la viga transversal se establece como una viga hiperestática o estáticamente indeterminada, con cinco tramos y cuatro apoyos simples.

La solución de la viga hiperestática implica ecuaciones adicionales debido a su indeterminación estática. Se considera el tramo de mayor luz para la máxima deflexión, asilando este tramo que, conectado estructuralmente a los adyacentes, genera momentos en sus extremos.

Se idealiza como una viga empotrada en ambos extremos, soportando una carga uniformemente distribuida y con una longitud de 1,62 metros, lo que permite calcular de forma conservadora las deformaciones y esfuerzos iniciales para el dimensionamiento.

Figura 39. D.C.L. de tramo interior de la viga lateral.



Nota: Elaboración propia.

En el contexto presente, se emplea la técnica de superposición correspondiente en el caso de una viga con apoyos fijos y carga distribuida o intermedia, tal como se evidencia en la ecuación siguiente, derivada de la tabla A-9 del libro de Shigley, se adjunta en el Anexo B1 en este documento.

$$\gamma_{max} = \frac{wl^4}{384EI}$$

Donde:

γ_{max} : La deflexión máxima (en *mm*).

w : Carga distribuida o peso por metro lineal de la viga (en *kN/m*).

l : Distancia entre apoyos (en *m*).

E : El módulo de elasticidad (en *Pa*).

I : El momento de inercia (en *mm⁴*).

El momento referencial de inercia se determina mediante la resolución del momento de inercia en la ecuación anterior, lo que da lugar en la siguiente ecuación, se considera que para el perfil estructural ASTM A-36, el módulo de elasticidad es $E = 200\text{Gpa} \approx 200 \times 10^9\text{Pa}$.

$$I = \frac{wl^4}{384E\gamma_{max}}$$

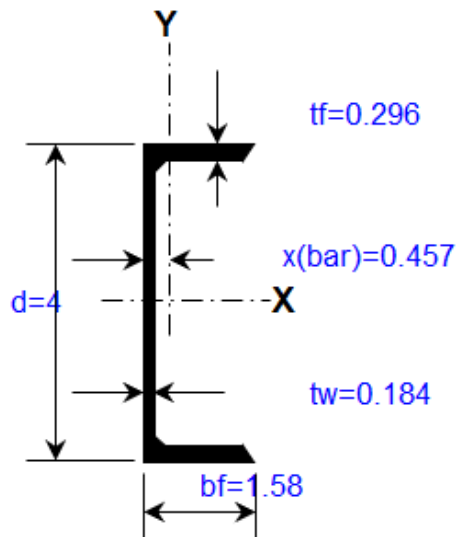
$$I = \frac{11.183 \times (1.62)^4}{384 (200 \times 10^9)(1.824)}$$

$$I = 5.497 \times 10^{-7}\text{m}^4 \approx 54.972\text{cm}^4$$

4.2.3 Determinación de la sección transversal del travesaño

Se llevará a cabo la búsqueda para la elección de la viga que más se alinee con el valor adquirido. Situamos nuestra atención en la tabla E.3(a) de *Propiedades de secciones en canal (perfiles C) de James Gere*, que se adjunta al Anexo B.2. Se obtiene un valor de inercia en la viga $C4 \times 5.4\text{ lb/ft}$ de 160.25 cm^4 , que supera al valor registrado en la ecuación previa, por lo que se selecciona este perfil.

Figura 40. Sección transversal del perfil $C4 \times 5.4\text{ lb/ft}$, de la viga

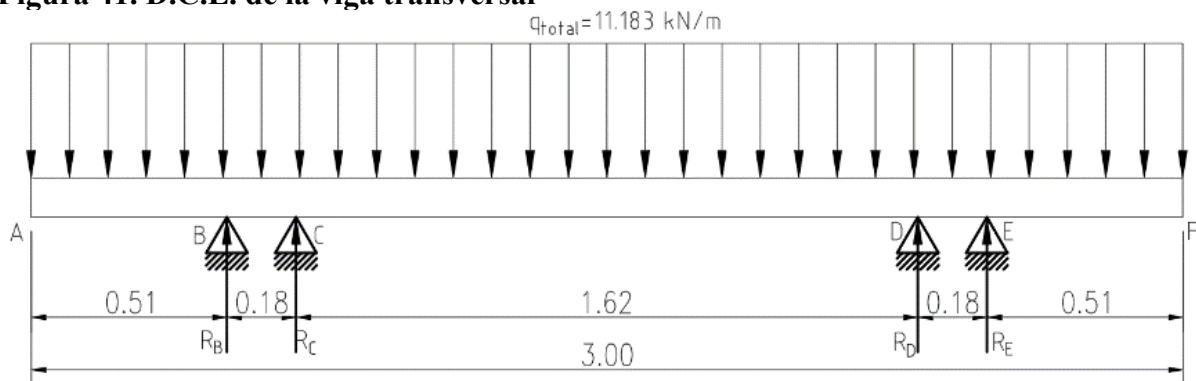


Nota: Elaboración propia.

4.2.4 Análisis estático del Travesaño

Para el cálculo estático de la viga transversal se empleó el método de superposición, utilizando las ecuaciones derivadas de la *tabla G-2 del libro de James Gere*, adjunto en el Anexo B.3. Se realiza el D.C.L. considerando la carga dividida en todo el ancho, como se muestra en la Figura 41.

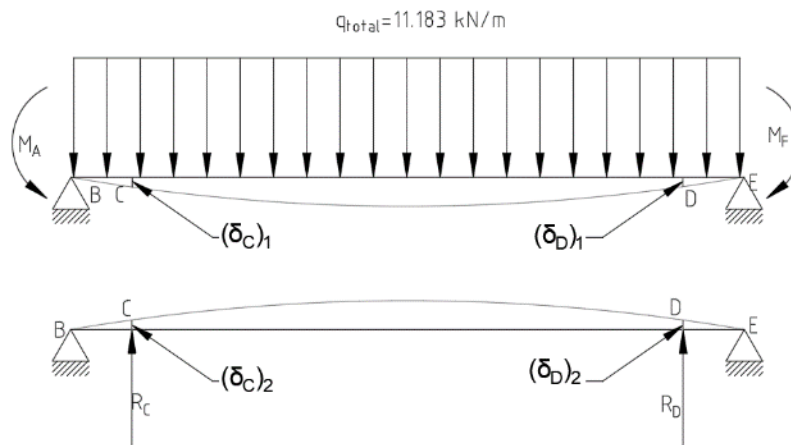
Figura 41. D.C.L. de la viga transversal



Nota: Elaboración propia.

Simplificando el D.C.L. para su análisis para vigas hiperestáticas mediante el método de superposición.

Figura 42. D.C.L. para cálculo de viga hiperestática



Nota: Elaboración propia.

la viga posee cuatro reacciones que no se conocen (R_B, R_C, R_D y R_E).

1. Por conveniencia, se selecciona las reacciones R_C y R_D , como redundantes
2. Por simetría y equilibrio, $R_B = R_E$ y $R_C = R_D$

De las Ecuaciones de Equilibrio, se tiene:

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$R_B + R_C + R_D + R_E - 3 \times q = 0$$

$$R_B = 1.5q - R_C$$

Los tramos de los extremos se encuentran en voladizo que soporta la carga uniforme, para el cálculo se simplifica como un momento en el apoyo más próximo, de donde:

$$M_A = M_F = \frac{qa^2}{2} = 0.13 q$$

De las ecuaciones de compatibilidad, se seleccionaron las reacciones R_C y R_D como redundantes. La estructura consiste en una viga simple sustentada por apoyos en B y E, ver la Figura 42, las deflexiones en el punto C son consecuencia de la carga homogénea q , los momentos M_A y M_F en los extremos, y las redundantes R_C y R_D , Se puede observar que las flechas se expresan $(\delta_C)_1$ y $(\delta_C)_2$. La superposición de estas flechas debe resultar en la flecha δ_C en la viga original ubicada en el punto C. Dado que la viga en el punto C posee apoyo simple, esta última deflexión es igual cero, lo que resulta en la ecuación de compatibilidad:

$$\delta_C = (\delta_C)_1 - (\delta_C)_2 = 0$$

En el cual la deflexión $(\delta_C)_1$ es positiva en dirección descendente y la deflexión $(\delta_C)_2$ es positiva en dirección ascendente.

La deflexión $(\delta_C)_1$ inducida por la carga uniforme y los momentos que inciden en la estructura (Figura 42) se obtiene de la tabla G.2, casos 1 y 10, del libro *James Gere*, adjunto en el Anexo B.3 de este documento, tal como se detalla a continuación:

$$(\delta_C)_1 = \frac{qx}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3) - \frac{M_0x}{2EI} (L - x)$$

Donde:

$$L = 1.98 \text{ m}$$

$$x = 0.18 \text{ m}$$

$$M_0 = M_A = 0.1352 q$$

Reemplazando:

$$(\delta_C)_1 = \frac{q \times 0.18}{24EI} (1.98^3 - 2 \times 1.98 \times 0.18^2 + 0.18^3) - \frac{0.13 q \times 0.18}{2EI} (1.98 - 0.18)$$

$$(\delta_C)_1 = \frac{q}{EI} (0.036231)$$

La deflexión $(\delta_C)_2$ causada por la redundante (Figura 42), situamos nuestra atención en la tabla G.2, caso 6, del libro *James Gere*, adjunto en el Anexo B.3 de este documento, como sigue:

$$(\delta_C)_2 = \frac{Px}{6EI} (3aL - 3a^2 - x^2)$$

Donde:

$$a = 0.18 \text{ m}$$

$$P = R_C$$

Reemplazando:

$$(\delta_C)_2 = \frac{R_C \times 0.18}{6EI} (3 \times 0.18 \times 1.98 - 3 \times 0.18^2 - 0.18^2)$$

$$(\delta_C)_2 = \frac{R_C}{EI} (0.028188)$$

La ecuación de compatibilidad relativa a la flecha vertical en el punto C ha sido transformada en la siguiente ecuación:

$$\delta_C = \frac{q}{EI} (0.036231) - \frac{R_C}{EI} (0.028188) = 0$$

De donde obtenemos la reacción en el apoyo R_C :

$$R_C = 1.3457 \times 11.183$$

$$R_C = R_D = 14.374 \text{ kN}$$

Las otras reacciones se obtienen:

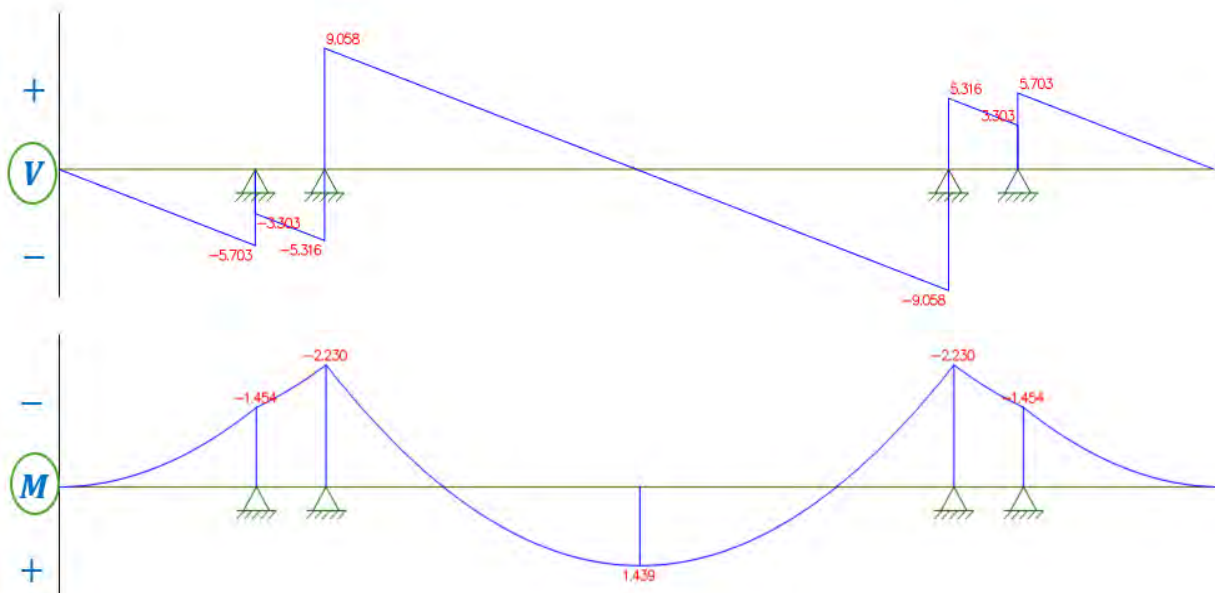
$$R_B = 1.5q - 14.374$$

$$R_B = R_E = 2.40 \text{ kN}$$

4.2.5 Diagrama de momentos flectores y Fuerzas cortantes

Una vez que se conocen las respuestas del ítem previo, es posible graficar los momentos flectores (kN.m) y las fuerzas cortantes (kN) utilizando el método de áreas, tal como se muestra en la Figura 43.

Figura 43. Diagrama de fuerzas cortantes (kN) y los momentos flectores (kN.m).



Nota: Elaboración propia.

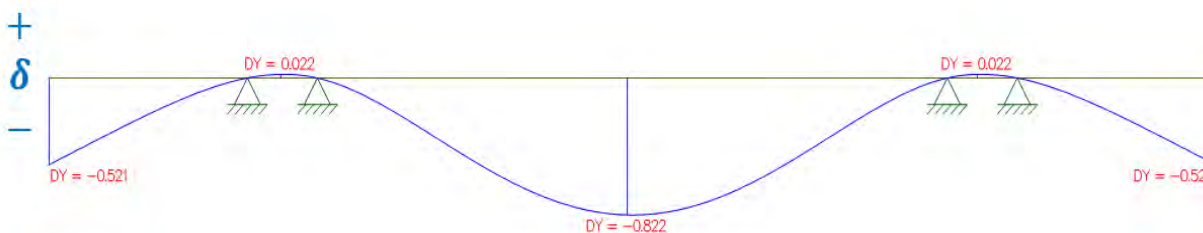
De la Figura 43, hallamos el momento flector máximo:

$$|M_{max}| = 2.23 \text{ kN.m}$$

4.2.6 Cálculo de deflexión del travesaño

La Figura 44 proporciona la flecha para esta viga hiperestática con carga uniforme en toda su longitud, la cual se localiza en el tramo intermedio de mayor luz. La máxima deflexión de la viga transversal debido al impacto de las cargas:

Figura 44. Deflexión de la viga transversal (mm).



Nota: Elaboración propia.

De donde la deflexión máxima, es:

$$\gamma_{max} = 0.822 \text{ mm}$$

La normativa CMAA 70, en su apartado 3.5.5.1, como se señaló previamente en el ítem 4.2.1.1, estipula que la deflexión vertical máxima permitida en una viga sostenida en ambos extremos y capaz de soportar el peso de una carga, no debe superar el valor de $l/888$, tal como se ilustra en la siguiente ecuación, donde l simboliza la distancia de luz del tramo más extenso entre los apoyos. Como se determinó previamente, el valor máximo de la deflexión no debe superar 1.847 mm .

$$\gamma_{max} = 0.822 \text{ mm} < 1.824 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.2.7 Esfuerzo a la flexión y el Cálculo de Factor de Seguridad

La expresión siguiente proporciona el máximo esfuerzo que soporta la viga bajo condiciones de flexión:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times c}{I_x}$$

Donde c representa la longitud a partir del eje neutro hasta el borde del perfil.

Basándonos en la Figura 36, se deduce que $C = 50.8 \text{ mm}$, Al sustituir la fórmula previamente establecida, se obtiene:

$$\sigma_{max} = \frac{2.23 \times 50.8}{160.249}$$

$$\sigma_{max} = 70.692 \text{ MPa}$$

De acuerdo con lo estipulado en la norma CMAA 70 en la sección 3.4.3, el esfuerzo superior para la fluencia del acero ASTM A-36 es de $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$, por lo que no debe superar el $0.75\sigma_y$. En consecuencia, por lo tanto, se deduce que, por lo tanto, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

$$\sigma_{max} = 0.75 \cdot \sigma_y$$

$$70.692 \text{ MPa} = 0.75(250 \text{ MPa})$$

$$70.692 \text{ MPa} < 187.5 \text{ MPa} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

La normativa establece que el factor de seguridad es $n = 1.8$, y este se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{0.75\sigma_y}{\sigma_{max}}; n \geq 1.8$$

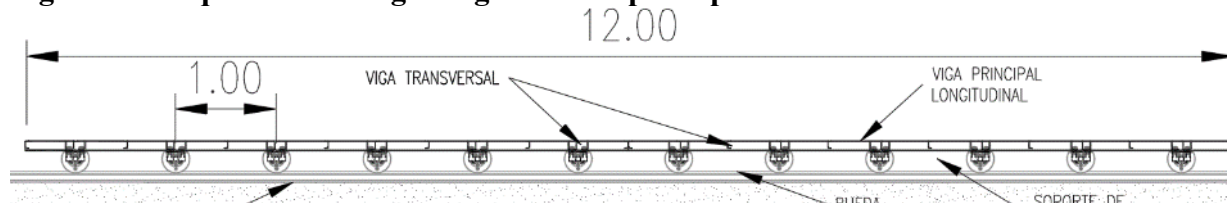
$$n = \frac{187.5 \text{ MPa}}{70.692 \text{ MPa}}$$

$$n = 2.652 > 1.8 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.3 Dimensionamiento y cálculo de vigas longitudinales

Para diseñar las vigas principales, es crucial considerar factores que influyen en sus dimensiones. Como se menciona en la sección 4.2.1, estas vigas se conectan mediante un total de 25 vigas transversales, soportando un peso de veinte mil ladrillos.

Figura 45. Esquema de la viga longitudinal o principal

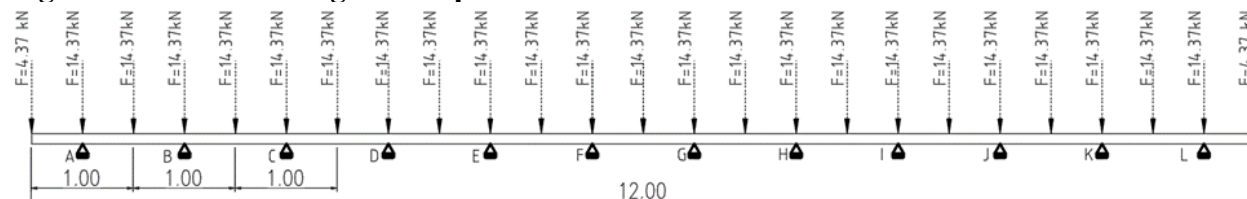


Nota: Elaboración propia.

Se analiza la estructura en su momento crítico, considerando cuatro apoyos para la viga transversal, lo que implica la existencia de cuatro vigas longitudinales. Las fuerzas ejercidas sobre la viga principal se examinan en función de las reacciones observadas en los extremos de los apoyos de la viga transversal.

Las reacciones halladas en la viga transversal son $R_C = R_D = 14.374 \text{ kN}$ y $R_B = R_E = 2.40 \text{ kN}$, el caso más crítico es con la mayor fuerza $F = 14.374 \text{ kN}$, Estas fuerzas serán aplicadas en la viga principal y se distribuirán, teniendo en cuenta que se contemplan 12 ruedas por cada lado, tal como se señala en la Figura 46.

Figura 46. D.C.L. de Viga Principal



Nota: Elaboración propia.

4.3.1 Determinación de la deflexión máxima permitido

La normativa CMAA 70, en su apartado 3,5,5,1, estipula que la deflexión vertical máxima permitida en una viga sostenida en ambos extremos y capaz de soportar el peso de una carga, no debe superar el valor de $l/888$, tal como se ilustra en la siguiente ecuación, donde l simboliza la distancia de luz del tramo más extenso entre los apoyos.

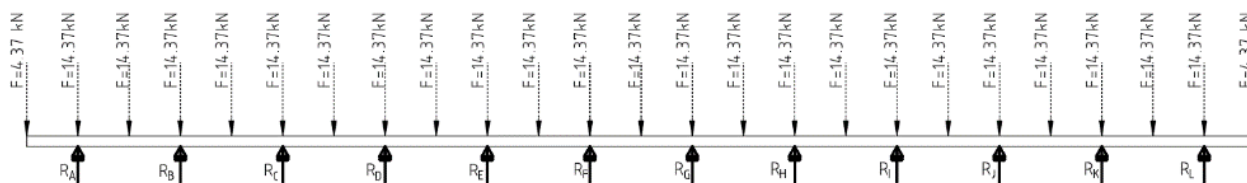
$$\gamma_{max} < \frac{l}{888} = \frac{1000mm}{888}$$

$$\gamma_{max} = 1.126 \text{ mm}$$

4.3.2 Determinación de momento referencial de inercia

La sección transversal de la plataforma se determinará inicialmente a partir del momento referencial de inercia y la máxima deflexión permitida. A continuación, se elaborará el DCL de la viga transversal, tal como se representa en la Figura 47.

Figura 47. D.C.L. de la viga longitudinal.



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se determina el grado de indeterminación estática (grado de hiperestaticidad):

$$G.H. = 13 - 2 = 11 > 0$$

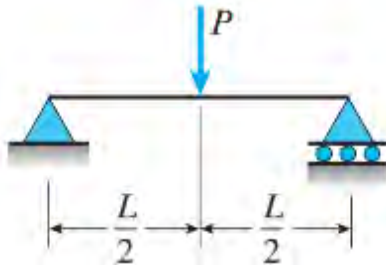
En consecuencia, se establece el DCL de la viga transversal como una viga hiperestática, esta viga tiene doce tramos y trece apoyos simples (ruedas).

La solución de la viga hiperestática requiere el planteamiento de ecuaciones adicionales debido a su indeterminación estática; por ello, para una primera aproximación de la sección

transversal de la plataforma, se considera un tramo, donde previsiblemente se presenta la máxima deflexión. En consecuencia, este tramo se idealiza como una viga de apoyo simple en ambos extremos (condición más crítica), sometida a carga una carga puntual y central con una longitud de 1,00 m, la siguiente ecuación se representa como, derivada de la tabla G.2 caso 4 del libro de James Gere, que se encuentra adjunta en el Anexo B.3 de este documento.

$$\gamma_{max} = \frac{PL^4}{48EI}$$

Figura 48. Pendientes y Deflexiones de vigas simples.



Nota: Adaptado del libro de Mecánica de Materiales séptima Edición(p,988), por James M. Gere, 2009.

Donde:

γ_{max} : Deflexión máxima (en mm).

P : Carga puntual (en kN).

L : Distancia entre apoyos (en m).

E : Módulo de elasticidad (en Pa).

I : Momento de inercia (en mm^4).

El momento referencial de inercia se determina mediante la resolución del momento de inercia en la ecuación anterior, lo que da lugar en la siguiente ecuación, se considera que para el perfil estructural ASTM A-36, el módulo de elasticidad es $E = 200Gpa \approx 200 \times 10^9 Pa$.

$$I = \frac{PL^4}{48E\gamma_{max}}$$

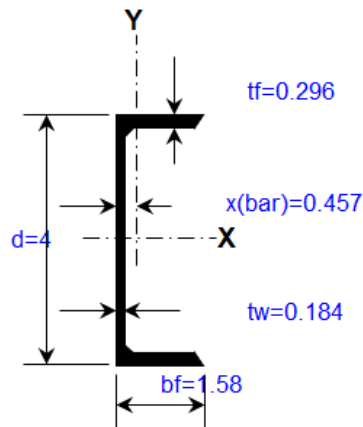
$$I = \frac{15.049 \times (1.0)^4}{48 (200 \times 10^9)(1.126)}$$

$$I = 1.392 \times 10^{-6} m^4 \approx 139.203 cm^4$$

4.3.3 Determinación de la sección transversal de la viga principal

Se llevará a cabo la búsqueda para la elección de la viga que más se alinee con el valor adquirido. Situamos nuestra atención en la tabla E.3(a) de *Propiedades de secciones en canal (perfiles C) de James Gere*, que se adjunta al Anexo B.2. Se obtiene un valor de inercia en la viga C4 × 5.4 lb/ft de 160.25 cm⁴, que supera al valor registrado en la ecuación previa, por lo que se selecciona este perfil.

Figura 49. Sección transversal del perfil C4 × 5.4 lb/ft, de la viga



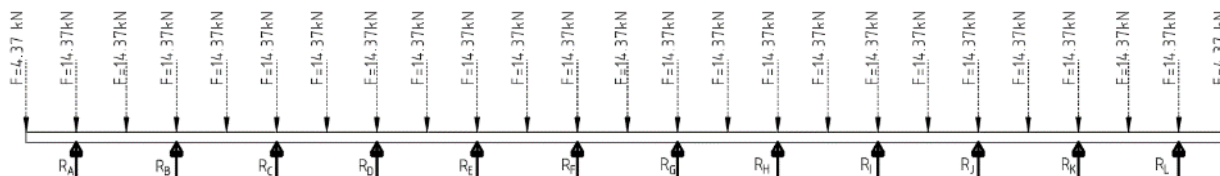
Nota: Elaboración propia.

4.3.4 Análisis estático de la viga longitudinal

Para el cálculo estático de la viga transversal se empleó el método de superposición, utilizando las ecuaciones derivadas de la *tabla G-2 de libro de James Gere*, adjunto en el Anexo

B.3. Se realiza el D.C.L. considerando la carga dividida en todo el ancho, como se muestra en la Figura 50.

Figura 50. D.C.L. de la viga principal



Nota: Elaboración propia.

Simplificando el D.C.L. para su análisis para vigas hiperestáticas mediante el método de superposición. Esta viga presenta doce reacciones aun no identificadas

($R_A, R_B, R_C, R_D, R_E, R_F, R_G, R_H, R_I, R_J, R_K$ y R_L).

1. Por conveniencia, se selecciona las reacciones

$R_B, R_C, R_D, R_E, R_F, R_G, R_H, R_I, R_J$ y R_K , como fuerzas redundantes.

2. Por simetría y equilibrio, $R_A = R_L, R_B = R_K, R_C = R_J, R_D = R_I, R_E = R_H$ y

$$R_F = R_G$$

Las reacciones halladas son:

$$R_A = R_L = 26.43 \text{ kN}$$

$$R_B = R_K = 28.121 \text{ kN}$$

$$R_C = R_J = 28.916 \text{ kN}$$

$$R_D = R_I = 28.703 \text{ kN}$$

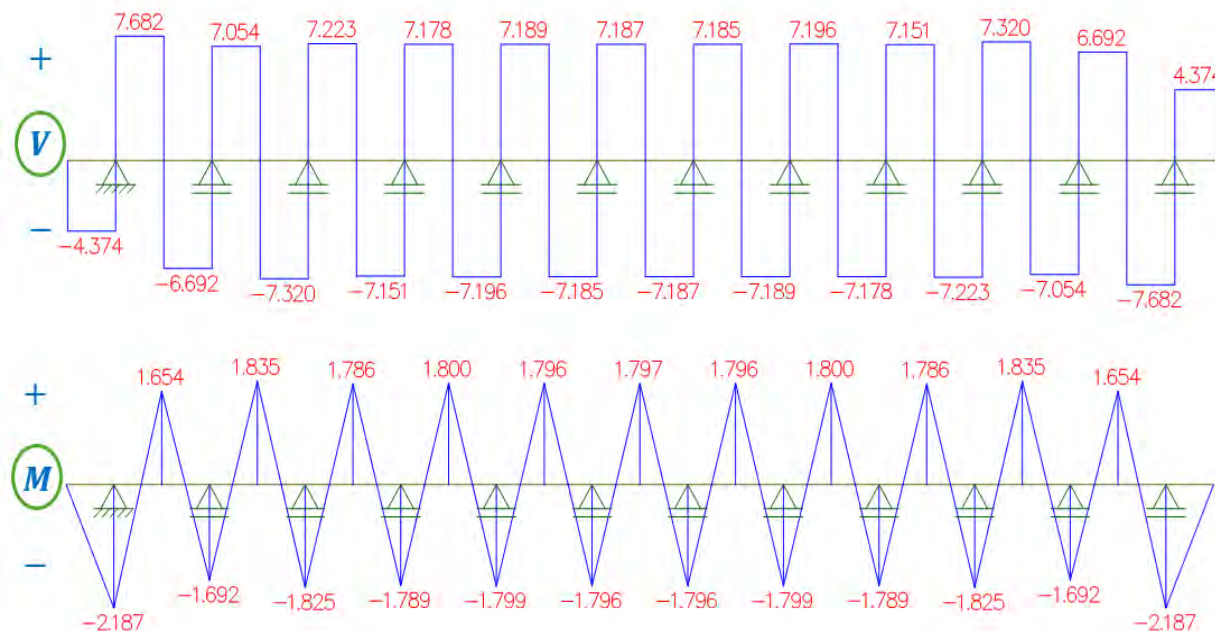
$$R_E = R_H = 28.760 \text{ kN}$$

$$R_F = R_G = 28.746 \text{ kN}$$

4.3.5 Diagramas de Fuerza cortante y momento flector

Una vez que se conocen las respuestas del ítem previo, es posible graficar los momentos flectores (kN.m) y las fuerzas cortantes (kN) utilizando el método de áreas, tal como se muestra en la Figura 51.

Figura 51. Diagramas de fuerzas cortantes (kN) y los momentos flectores (kN.m).



Nota: Elaboración propia.

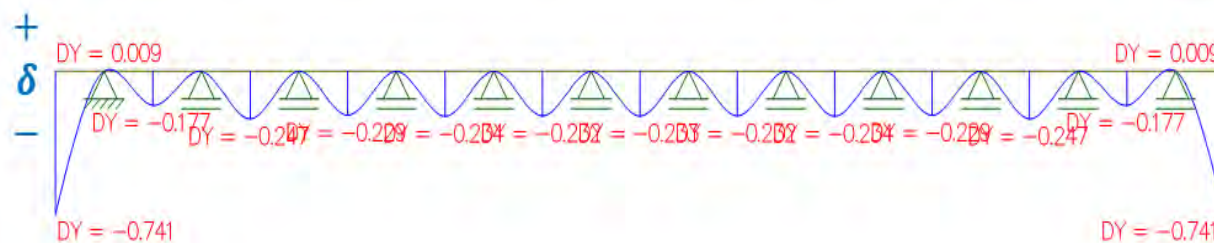
De la Figura 51, hallamos el momento flector máximo:

$$|M_{max}| = 2.187 \text{ kN.m}$$

4.3.6 Cálculo de deflexión de la viga longitudinal

La Figura 52 proporciona la flecha para la viga hiperestática con carga uniforme en toda su longitud, la cual se localiza en el tramo intermedio de mayor luz. La máxima deflexión de la viga transversal debido al impacto de las cargas:

Figura 52. Deflexión de la viga longitudinal (mm).



Nota: Elaboración propia.

La deflexión máxima:

$$\gamma_{max} = 0.741 \text{ mm}$$

La normativa CMAA 70, en su apartado 3.5.5.1, como se señaló previamente en el ítem 4.2.1.1, estipula que la deflexión vertical máxima permitida en una viga sostenida en ambos extremos y capaz de soportar el peso de una carga, no debe superar el valor de $l/888$, tal como se ilustra en la siguiente ecuación, donde l simboliza la distancia de luz del tramo más extenso entre los apoyos. Como se determinó previamente, el valor máximo de la deflexión no debe superar 1.126 mm .

$$\gamma_{max} = 0.741 \text{ mm} < 1.126 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.3.7 Esfuerzo a flexión y Cálculo del Factor de Seguridad

La expresión siguiente proporciona el máximo esfuerzo que soporta la viga bajo condiciones de flexión:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times c}{I_x}$$

Donde c representa la longitud a partir del eje neutro hasta el borde del perfil.

Basándonos en la Figura 36, se deduce que $C = 50.8 \text{ mm}$, Al sustituir la fórmula previamente establecida, se obtiene:

$$\sigma_{max} = \frac{2.187 \times 50.8}{160.249}$$

$$\sigma_{max} = 69.329 \text{ MPa}$$

De acuerdo con lo estipulado en la norma CMAA 70 en la sección 3.4.3, el esfuerzo superior para la fluencia del acero ASTM A-36 es de $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$, por lo que no debe superar el $0.75\sigma_y$. En consecuencia, por lo tanto, se deduce que, por lo tanto, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

$$\sigma_{max} = 0.75\sigma_y$$

$$69.329 \text{ MPa} = 0.75(250 \text{ MPa})$$

$$69.329 \text{ MPa} < 187.5 \text{ MPa} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

La normativa establece que el factor de seguridad es $n = 1.8$, y este se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{0.75\sigma_y}{\sigma_{max}}; n \geq 1.8$$

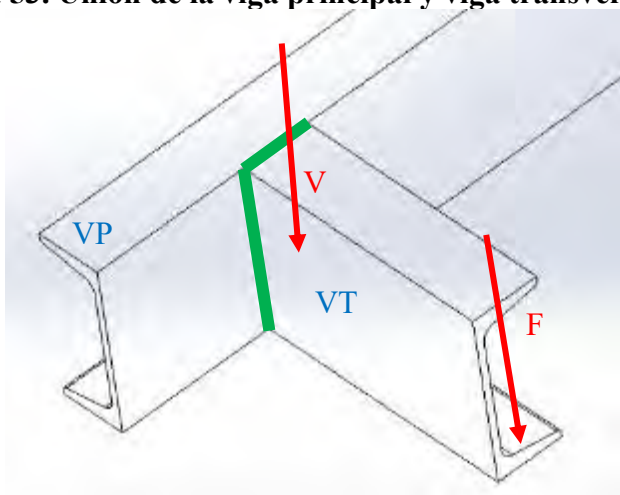
$$n = \frac{187.5 \text{ MPa}}{69.329 \text{ MPa}}$$

$$n = 2.704 > 1.8 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.4 Cálculo de uniones soldadas

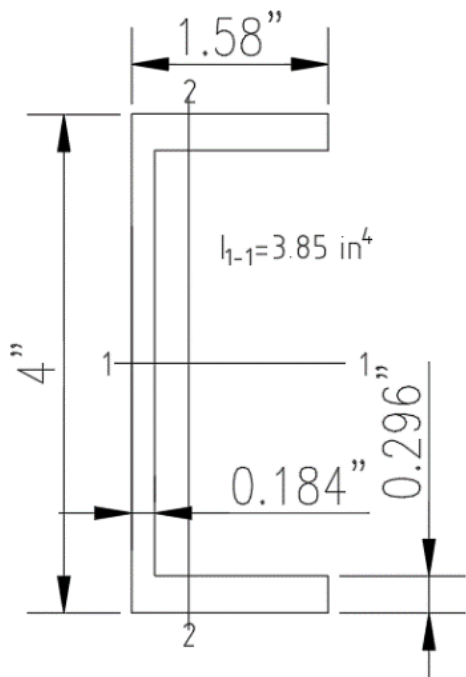
La soldadura de filete se encuentra expuesta a esfuerzo cortante directo y esfuerzo cortante de flexión, tal como se evidencia en la Figura 53.

Figura 53. Unión de la viga principal y viga transversal.



Nota: Elaboración propia.

Figura 54. Sección transversal del perfil C4 × 5.4 lb/ft



Nota: Elaboración propia.

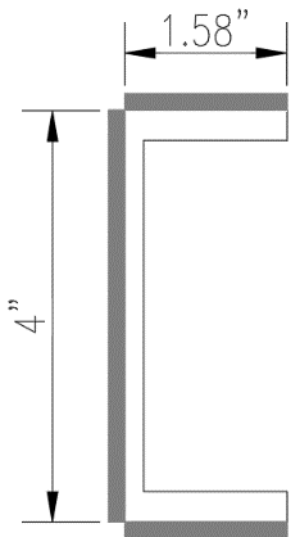
En la tabla 7.7 de la AWS D1.1 2020, las dimensiones mínimas para soldaduras en filete, adjuntos en el Anexo B.4 de este documento, se establecen según el espesor del metal base. Para

espesores que no superan los 6 mm, la dimensión mínima necesaria para la conexión in filete es de 3 mm.

La normativa estipula que la dimensión de la soldadura no debe superar el espesor del elemento más delgado unido, con el objetivo de prevenir defectos vinculados a la sobresoldadura y asegurar un comportamiento estructural apropiado.

En el presente escenario, teniendo en cuenta que el perfil $C4 \times 5.4$ lb/ft exhibe un espesor mínimo de 4.67 mm, se opta por una dimensión de unión de filete de $4 \text{ mm} \approx 5/32''$, que satisface el requisito mínimo normativo y se conserva por debajo del espesor del elemento más delgado, garantizando de esta manera una resistencia apropiada y una factibilidad constructiva adecuada.

Figura 55. Esquema de la soldadura para el perfil C4x5.4 lb/ft



Nota: Elaboración propia.

4.4.1 Cálculo para el metal de aporte

Las propiedades mínimas del material de contribución, extraídas de la tabla 9-3 del libro de Shigley, se presentan en el Anexo B.5 de este documento. En el caso del electrodo E70XX, la resistencia a la fluencia y la tensión representan factores determinantes:

$$S_{ut} = 70 \text{ kpsi} \approx 482 \text{ MPa}$$

$$S_y = 57 \text{ kpsi} \approx 393 \text{ MPa}$$

Se utilizará la tabla 9-2 “Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete” del libro de Shigley para calcular el área y el momento de inercia unitario:

$$b = 1.58", d = 4.00" \text{ y } h = 4 \text{ mm} \approx 5/32"$$

Corresponde al Área de la garganta:

$$A = 0.707 \cdot h \cdot (2b + d)$$

$$A = 0.791 \text{ in}^2$$

El momento de inercia de la garganta es:

$$I = 0.707hI_u, I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$$

$$I = 7.9472 \text{ in}^4$$

Del ítem 4.2, se tiene que la fuerza cortante es $F = 14.374 \text{ kN} \approx 3231.4 \text{ lbf}$ y el momento máximo es $M_{max} = 2.23 \text{ kN} \cdot \text{m} = 19.737 \text{ kip} \cdot \text{in}$.

El cortante primario es generado por la fuerza cortante:

$$\tau' = \frac{F}{A} = \frac{3231.4 \text{ lbf}}{0.791 \text{ in}^2}$$

$$\tau' = 4.085 \text{ ksi}$$

El cortante secundario es generado por el momento en el soporte:

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{19.737 \text{ kip} \cdot \text{in} \cdot 2 \text{ in}}{7.9472 \text{ in}^4}$$

$$\tau'' = 4.97 \text{ ksi}$$

Se combinan vectorialmente la cortante primaria y secundaria:

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2}$$

$$\tau = 6.434 \text{ ksi}$$

Conforme al parámetro del criterio de distorsión, el esfuerzo permisible se establecerá como $S_{sy} = 0.3 S_{ut}$ para la categoría de carga cortante con soldadura a tope o de filete, tal como se desprende de la tabla 9-4 Esfuerzos permitidos para el metal de aporte del Código AISC, extraída el libro de Shigley, adjunto en el Anexo B.7, hallamos el factor de seguridad.

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} = \frac{0.3 (57)}{6.434}$$

$$n = 2.658$$

4.4.2 Código de la unión para el metal de aporte

Para un electrodo E70XX, el esfuerzo cortante permisible es $\tau_{perm} = 21 \text{ ksi}$, derivada de la tabla 9-6 “Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete”, del libro de Shigley, adjunto en el Anexo B.8. de este documento.

Como $\tau < \tau_{perm}$, la soldadura resulta satisfactoria.

Entonces el factor de diseño de la soldadura es:

$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau} = \frac{21 \text{ ksi}}{6.434 \text{ ksi}}$$

$$n = 3.264$$

4.4.3 Cálculo para el metal de unión

Las resistencias mínimas del acero ASTM A-36 es $S_{ut} = 400 \text{ MPa} \approx 58 \text{ kpsi}$ y $S_y = 250 \text{ MPa} \approx 36 \text{ kpsi}$, obtenida de la catalogo de productos y servicios de Aceros Arequipa (pág. 13), incluido en el Anexo B.9. el momento de inercia del perfil C4x5.4 lb/ft, es $I = 3.85 \text{ in}^4$, derivada de la *tabla G.3(a) del libro de James Gere*, incluido en el Anexo B.2. Entonces:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{19.737 \text{ kip. in.} \times 2 \text{ in}}{3.85 \text{ in}^4}$$

$$\sigma = 10.253 \text{ ksi}$$

Para el metal de unión, el factor de seguridad es:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{36}{10.253}$$

$$n = 3.536$$

Los resultados obtenidos se consideran aceptables, de acuerdo a los criterios adoptados para el cálculo de soldadura, se establece una dimensión de soldadura de filete de 4mm, el cual cumple con los requisitos normativos y las condiciones resistentes del sistema. Asimismo, se selecciona como material de aporte el electrodo E7018 de 5/32", debido a sus adecuadas propiedades mecánicas y compatibilidad con el acero estructural empleado, asegurando una correcta ejecución y desempeño de la soldadura.

4.5 Dimensionamiento y cálculo de ruedas

La plataforma está constituida por una viga principal, vigas transversales, una plancha superior y aislante térmico. La carga se apoya en 24 ruedas que distribuyen el peso sobre los rieles. Estas ruedas, equipadas con una pestaña, tendrán un ancho de pista ligeramente mayor que el carril donde se instalarán. Se diseñarán conjuntos de ruedas entre dos vigas principales, separadas un metro, consistiendo en una rueda montada sobre dos rodamientos en un eje central. El material de las ruedas será acero conforme a la norma EN10083 - SAE 4140, con resistencia de 1100 a 1200 N/mm², y se adherirá a la norma DIN 15070 para ruedas normalizadas tipo MA.

La normativa DIN especifican la siguiente formulación empírica para la estimación del diámetro de la rueda, tal como se evidencia en la ecuación subsiguiente:

$$D_n \geq \frac{R_m}{P_{lim} \times b C_1 \times C_2}$$

Donde:

D_n : El diámetro de la rueda (en mm)

R_m : Reacción medio sobre la rueda (en N)

b : Ancho efectivo del riel (en mm)

C_1 : Coeficiente que depende de la clase de mecanismo.

C_2 : Coeficiente en función de la velocidad de rotación de la rueda.

P_{lim} : Presión límite del material a utilizar

El R_m se determina en función de la cantidad de ruedas que ejercen influencia sobre el sistema y se representa mediante la ecuación siguiente:

$$R_m = \frac{2R_{max} + R_{min}}{3}$$

R_{max} : Máxima reacción con carga nominal sobre la rueda. La cual se manifiesta en la siguiente ecuación:

$$R_{max} = R_A + \frac{G}{24}$$

G : Peso de la estructura de la plataforma

R_{min} : Reacción sin carga de la rueda y con la plataforma parada.

$$R_{min} = \frac{G}{24}$$

Identificamos la reacción media, máxima y mínima de acuerdo con las ecuaciones previamente presentadas:

El peso total requerido para el traslado se determinará mediante la adición del peso propio de la plataforma y la carga a transportar. Según se especifica.

Tabla 16. Peso a transportar en la plataforma

Tipo de Estructura	Descripción	Peso (W)
Estructura Principal	Vigas principales y transversales	1 200 kg
Aislamiento térmico	Arcilla Refractaria	1 845 kg
	Ladrillo Bloquer	5 000 kg
	Ladrillo Super King-Kong	1 050 kg
	Manta Ceramica	298.624 kg
	Plancha de Acero	1 130.4 kg
	Peso Propio	10 524.024 kg
		103 205.42 N
Carga a transportar	20 000 ladrillos	75 000.00 kg
		735 498.75 N
CARGA TOTAL		85 524.024 kg
		838 704.17 N

Nota: Elaboración propia.

Donde: $G = 10\,524.024\text{ kg} = 103\,205.42\text{ N}$

$$R_{min} = \frac{103\,205.42\text{ N}}{24} = 4\,300.226\text{ N}$$

Siendo: $R_A = \frac{838\,704.17\text{ N}}{24} = 34\,946.01\text{ N}$

$$R_{max} = 34\,946.01\text{ N} + 4\,300.226\text{ N} = 39\,246.233\text{ N}$$

Reemplazando en la ecuación de la reacción media:

$$R_m = \frac{2 \times 39\,246.233 + 4\,300.226}{3}$$

$$R_m = 27\,597.564\text{ N} = 27.598\text{ kN}$$

P_{lim} : la tensión de fractura del acero que se producirá en relación con el grado de acero de la riel, establece que $P_{lim} = 5.6\text{ N/mm}^2$ para el acero SAE 4140. El Anexo B.10 adjunta la tabla correspondiente.

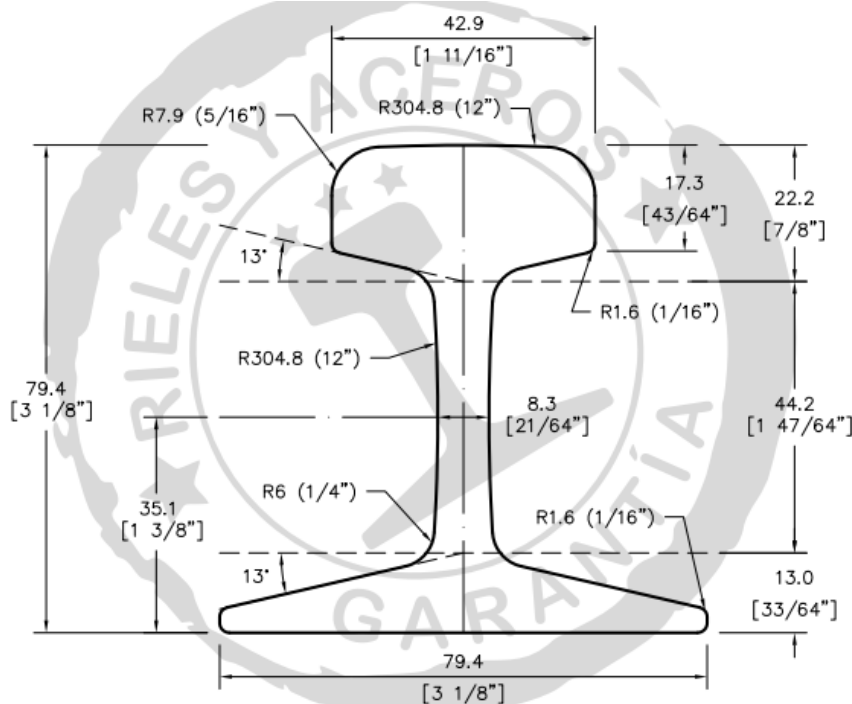
El riel será de acuerdo a la norma americana ASCE, un perfil de acero laminado en caliente, este riel es para uso industrial (guías de vagones de transporte y Guías de puentes grúas).

Identificamos el ancho efectivo del riel conforme a la ecuación siguiente:

$$b = L - 0.75 * r \rightarrow \text{para rieles de tipo Vignole}$$

De la Figura 56, el tipo de riel utilizado ASCE 30, aplicando la ecuación anterior se tiene que $b = 36.975mm$.

Figura 56. Perfil americana Riel 30 lb-Yd - 55Q



Nota: Adaptado del catálogo de rieles y aceros (pág. 7).

El coeficiente C_1 depende de la variedad de mecanismos DIN, se encuentra condicionado por la categoría del mecanismo DIN, la cual se determina por la clase de servicio, las exigencias de esfuerzo y el período máximo de giro diario. Consúltense el Anexo B Tabla B.11, La

plataforma del diseño tiene un tiempo mínimo diario de operación; por lo tanto, se puede determinar que $C_1 = 1.25$.

El coeficiente C_2 se encuentra condicionado por la velocidad de giro de la rueda. Dado que este valor aún no ha sido identificado, elegiremos el método de tablas, donde tenemos acceso a dicho coeficiente con una velocidad lineal de 20 m/min, que es la seleccionada para la plataforma.

El esquema adjuntado en el Anexo A.1, facilita la determinación del D_n de la rueda, basándose en la rapidez lineal que el sistema transportará para un indicador $C_2 = 1$.

A continuación, empleando la tabla 5 adjuntado en el Anexo B.13, un D_n adquirido mediante el diagrama y la rapidez lineal, puede resultar en un valor real C_2 .

La determinación del diámetro definitivo de la rueda D_n se realiza dividiendo el diámetro ilustrado en el diagrama por el valor correspondiente de C_2 real

Inicialmente, se establece el conjunto de mecanismo DIN, el cual se determina en función del tiempo de servicio del vagón, tal como se especifica en la tabla 3 Anexo B.11. Esta información proporcionará los datos del diagrama 1 (DIN M3). Posteriormente, la reacción media previamente expresada en KN; $R_m = 25.474 \text{ kN}$ nos sitúa en el diagrama 2.

Posteriormente, se establece un trazo horizontal que coincide con el diagrama 1 (DIN M3), En este punto, se dibuja un trazo horizontal que coincide con el eje vertical proporcionado al ancho del riel efectivo (41mm), según se ilustra en el Diagrama 3. Conforme al material escogido, se ilustra en el Diagrama 4. Se define el punto de intercepción conformado por la vertical correspondiente al grado de acero seleccionado (Grado 1) y la línea derivada del diagrama 3, Posteriormente, desde ese punto se pasa una línea horizontal que determina el D_n de la rueda

$C_2 = 1$, Esto da como resultado un diámetro normal para la rueda que se recomienda sea de 250 mm.

La Tabla 5 se utilizó después de lograr el diámetro estándar de 250 mm. El coeficiente $C_2 \text{ real} = 1.06$ se obtuvo usando el diámetro normal y la velocidad lineal.

El diámetro nominal se sustituye en la ecuación:

$$D_n \geq \frac{R_m}{P_{lim} \times b C_1 \times C_2}$$

En el caso del $D_n \geq 125.739 \text{ mm}$ y una carga por rueda de 27.598 kN , se empleará una rueda de diámetro de 250 mm y una carga admisible de 80 000 N por unidad. Este se alinea con nuestro diseño y se ajusta a nuestro diseño.

4.6 Dimensionamiento y cálculo de eje

Los ejes tienen la responsabilidad de sostener las fuerzas de las ruedas y transmitir las a sus componentes rodantes; para dimensionar adecuadamente estos ejes, es necesario conocer las cargas que se aplicarán sobre ellos. En el punto 4.2.4 se escoge la rueda con un diámetro de 250 mm.

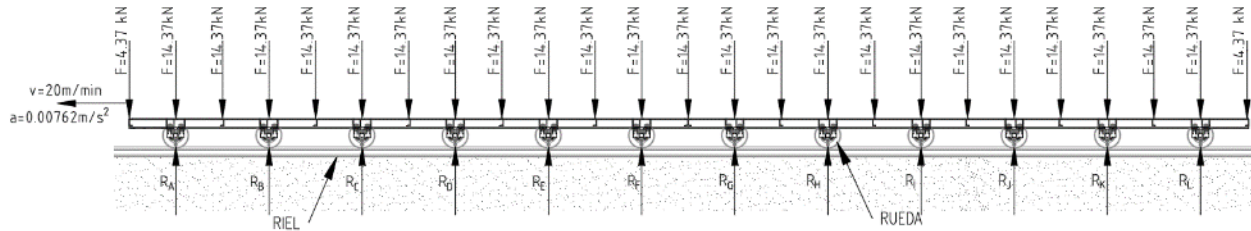
En las etapas subsiguientes, efectuaremos estimaciones de los diámetros en los que se ubicará el rodamiento.

4.6.1 Cargas actuantes en el eje

El valor máximo de las reacciones en los soportes de la viga principal, $R_{max} = 28.916 \text{ kN}$, se estableció en el ítem 4.3.4, Se realizará la evaluación dinámica de la viga principal con esta reacción máxima, incluyendo todas las fuerzas que actúan sobre ella, como se muestra en la Figura 64. Se asumió una aceleración de $0.25 \text{ ft/s}^2 (0.0761 \text{ m/s}^2)$ y una velocidad de desplazamiento necesaria de 20 m/min . Para determinar el valor de la aceleración, se utilizó

la tabla del intervalo típico de aceleración propuesta por la norma CMAA 70, que se encuentra en el Anexo B.13.

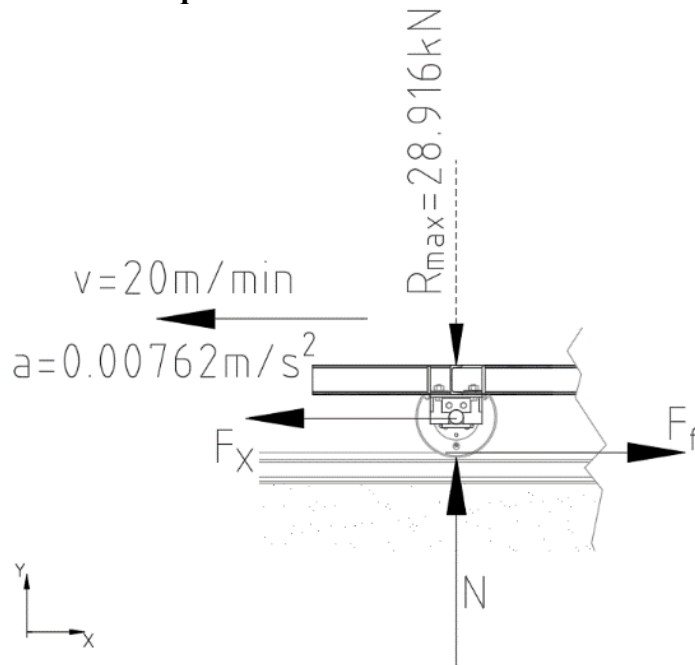
Figura 57. Análisis Dinámico de plataforma sobre las ruedas.



Nota: Elaboración propia.

Se realizará una evaluación independiente de las ruedas y de las fuerzas que se aplicarán en cada una de ellas. Conforme a lo mostrado en la Figura 58.

Figura 58. Fuerzas que actúan sobre la Rueda.



Nota: Elaboración propia.

De las ecuaciones de equilibrio:

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N - R_{max} = 0$$

$$N = 28.916 \text{ kN}$$

$$+\rightarrow \sum F_x = m \cdot a$$

$$F_f - F_x = -m \cdot a$$

$$F_x = m \cdot a + \mu \cdot N$$

Donde:

μ : el factor de fricción por rodadura en rieles con ruedas metálicas de 10" = 15 lb/ton x 0.0005 = 0.0075 según se deduce de la tabla adjunta en el Anexo B.15, conforme a la norma CMAA 70.

m : Peso total de carga (peso de estructura y carga nominal) = 85 524.024 kg, adquirida de la Tabla 15.

N : Reacción total por rueda = 28.916 kN

a : Aceleración 0.25 ft/s² (0.0762 m/s²)

Reemplazamos los datos en la ecuación:

$$F_x = 85\,524.024 \times 0.0762 + 0.0075 \times 28916$$

$$F_x = 6.73 \text{ kN}$$

El par de torsión que se necesita, el cual depende del diámetro de la rueda de 10" (250 mm) y de la fuerza demandada, puede calcularse a partir de la fuerza necesaria para mover la estructura.

$$T = F \times \frac{d_{rueda}}{2}$$

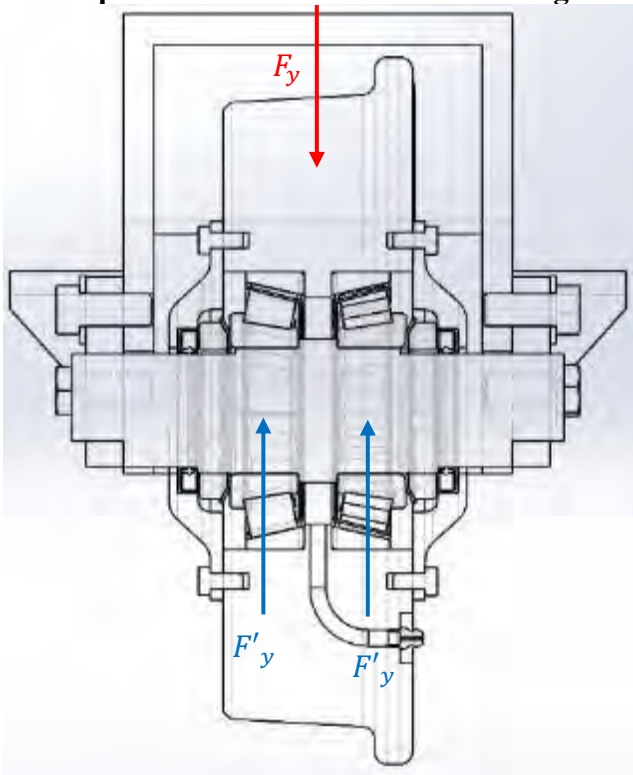
$$T = 6733.8 \text{ N} \times \frac{250 \text{ mm}}{2}$$

$$T = 841.73 \text{ N.m}$$

4.6.1.1 D.C.L. de eje

Tomando en cuenta las cargas mencionadas anteriormente, realizaremos el cálculo de las fuerzas de reacción generadas por los soportes que contienen los rodamientos en la representación D.C.L. del eje. La F_y hace referencia a la carga radial principal ubicada en el centro de los dos rodamientos, que equivale a la fuerza brindada por la rueda y es de 28 916 N. La F_x , en cambio, se refiere a la carga radial situada en el centro de los rodamientos, que representa la fuerza necesaria para el movimiento y es de 6 733.8 N

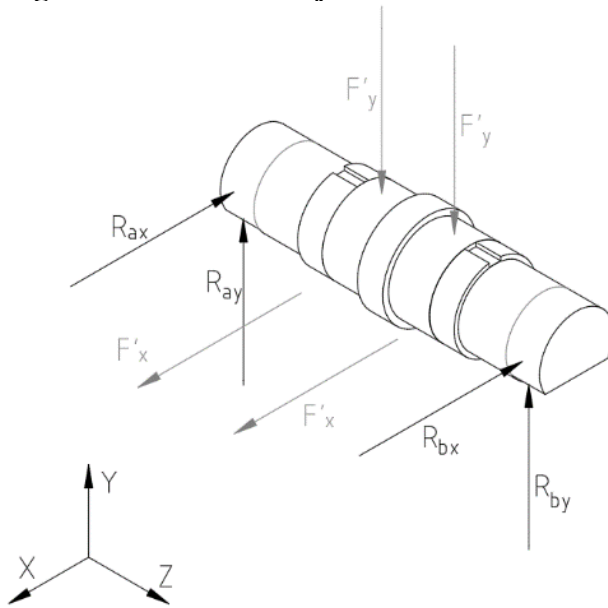
Figura 59. Esquema de la distribución de la carga.



Nota: Elaboración propia.

La reacción en los asientos de los rodamientos, es la mitad de la carga transmitida por la carga total aplicada por la rueda. De donde se obtiene en que $F'_y = \frac{F_y}{2} = 14\,458 \text{ N}$ y $F'_x = \frac{F_x}{2} = 3\,366.9 \text{ N}$.

Figura 60. D.C.L. del eje de la rueda.



Nota: Elaboración propia.

De las ecuaciones de equilibrio:

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{ay} + R_{by} = 2F'_y$$

$$R_{ay} = R_{by} = 14\,458\text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

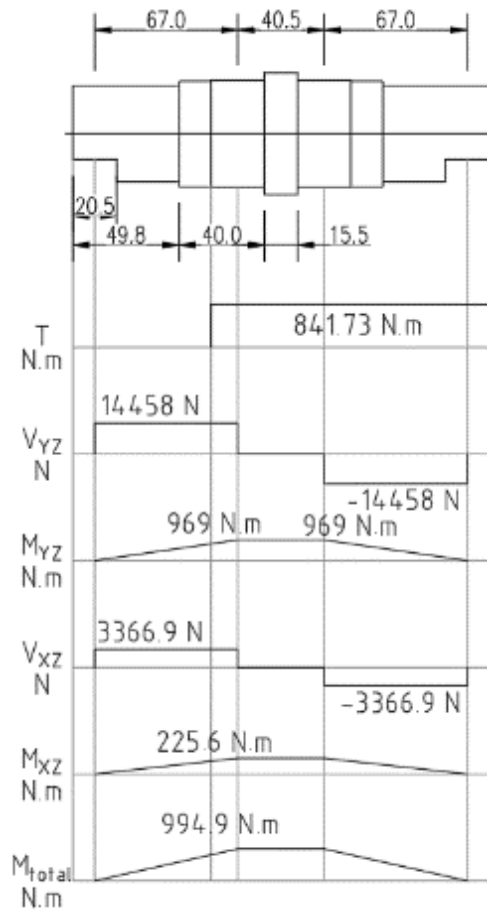
$$R_{ax} + R_{bx} = 2F'_x$$

$$R_{ax} = R_{bx} = 3\,366.9\text{ N}$$

4.6.1.2 Diagramas de momento flector, fuerza cortante y torque

Se van a generar los gráficos de las fuerzas cortantes y del momento flector en los planos x-z y y-z. Esto se hará utilizando la combinación de los planos rectos como vectores para calcular el momento total.

Figura 61. Diagrama de Momento Flector, Fuerzas Cortantes y torque del eje.



Nota: Elaboración propia.

Comprendemos el momento total de los planos rectos:

$$M_{total} = \sqrt{M_{YZ}^2 + M_{XZ}^2}$$

$$M_{total} = \sqrt{969^2 + 225.6^2}$$

$$M_{total} = 994.9 \text{ N.m}$$

4.6.2 Estimación de diámetros de ejes

La estimación inicial se realiza para determinar los diámetros de los ejes; en ella, se emplea el criterio de falla de ED-Goodman, que se usa para diseñar ejes giratorios y redondos sólidos. Siguiendo la sugerencia de Shigley, se recomienda que para un diseño inicial se lleve a

cabo una estimación de ejes. Ambas referencias se obtuvieron del libro de Shigley: la modificación del criterio de falla por fatiga de Goodman y el criterio de Von Mises $\sigma' = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2}$. Se aplica la ecuación siguiente, como se indica en la ecuación subsiguiente:

$$d = \left\{ \frac{16 * n}{\pi} \left(\frac{2K_f M_a}{S_e} + \frac{[3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2}}{S_{ut}} \right) \right\}^{1/3}$$

Donde:

n : Factor de diseño o factor de seguridad a fatiga.

M_a : Momento flexionante alternante o Momento Total.

T_m : Par de Torsión media

K_f : Factor de concentración de esfuerzos por fatiga para flexión.

K_{fs} : Factor de concentración de esfuerzos por fatiga para torsión.

S_e : Limite de resistencia a la fatiga en zona critica.

S_{ut} : Limite de resistencia última del material (SAE 4340).

a) *Par de torsión medio y momento flector alternante*

El momento flexionante M_a es equivalente al momento total adquirido en el ítem 4.6.1.2:

$$M_a = M_{total} = 994.9 \text{ N.m}$$

El par detorsión medio es igual al torque que se obtuvo en el ítem 4.6.1:

$$T_m = T = 841.73 \text{ N.m}$$

b) *Los factores de concentración de esfuerzos K_f*

La tabla 7.1 del libro de Shigley que se adjunta en el Anexo B.16, proporciona los factores de concentración de esfuerzos por fatiga de la flexión y la torsión para una estimación inicial. Para este propósito, se asume un filete de hombro bien redondeado ($r/d=0.1$)

$$K_f = 1.7$$

$$K_{fs} = 1.5$$

c) *Límite a la fatiga en la zona crítica del eje*

Se empleará la ecuación que posibilita determinar una variedad de elementos que cuantifican el impacto de las condiciones en la superficie, como por ejemplo la temperatura, el tamaño y la carga. (Shigley, 2008, página 279)

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$$

Donde:

K_a : Factor de modificación de condición superficial.

K_b : Factor de modificación de tamaño.

K_c : Factor de modificación de carga.

K_d : Factor de modificación de la temperatura.

K_e : Factor de confiabilidad.

K_f : Factor de modificación de efectos varios.

S'_e : Límite a la resistencia a la fatiga en vigas rotatoria.

S_e : Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica en una parte de la maquina

la geometría y condición de uso

d) *Factores de modificación*

Factor de modificación de condición superficial K_a

El factor de superficie depende en gran medida de la resistencia a la tensión, el área afectada y la calidad del acabado superficial. Este elemento puede ser representado a través de:

$$K_a = a S_{ut}^b$$

Donde:

$S_{ut} = 785 \text{ MPa}$: Resistencia mínima a tensión del acero SAE-4340.

$b = -0.265$; $a = 4.51 \text{ MPa}$: Para maquinado o laminado en frio los valores de acabado superficial, obtenidos de la tabla 6.2 del libro de Shigley, Pag 282.

Sustituimos en la Ecuación:

$$K_a = 4.51 \times 785^{-0.265}$$

$$K_a = 0.771$$

Factor de modificación de tamaño

$K_b = 0.9$: Este valor se toma como referencia en el libro de Shigley debido a que K_b se determina en función del diámetro del eje, verificando posteriormente el valor de d .

Factores de Carga, Temperatura, confiabilidad y de efectos varios

$K_c = K_d = K_e = K_f = 1$: el libro de Shigley nos sugiere fijar un valor de 1 para los otros factores de modificación en su estimación inicial.

e) Límite de resistencia a la fatiga

La siguiente fórmula matemática puede utilizarse para determinar el valor límite de resistencia a la fatiga en vigas rotacionales S'_e .

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Donde:

S_{ut} : para el Acero SAE-4340 el valor que se adopta es de $785 \text{ MPa} \leq 1400 \text{ MPa}$, entonces sustituyendo en la primera opción.

$$S'_e = 0.5S_{ut}$$

$$S'_e = 0.5 (785)$$

$$S'_e = 392.5 \text{ MPa}$$

Sustituimos la información conseguida en la ecuación del límite de resistencia a la fatiga en el área crítica del eje.

$$S_e = (0.771)(0.9)(1)(392.5)$$

$$S_e = 272.344 \text{ MPa}$$

Actualmente, es factible obtener una estimación inicial de los diámetros del eje mediante la sustitución de los valores obtenidos, asumiendo un indicador de fatiga $n=1.5$:

$$d_1 = \left\{ \frac{16 * 1.5}{\pi} \left(\frac{2 * 1.7 * 994.9}{272.344 * 10^6} + \frac{[3(1.5 * 841.73)^2]^{1/2}}{785 * 10^6} \right) \right\}^{1/3}$$

$$d_1 = 0.0488 \text{ m} \approx 48.79 \text{ mm}$$

Se usará una relación $D/d = 1.10$ para calcular el diámetro menor en el hombro del eje, donde d es el diámetro menor y D es el diámetro mayor. Luego, se reemplazará:

$$d_2 = \frac{48.79 \text{ mm}}{1.10} = 44.358 \text{ mm}$$

4.6.3 Segunda estimación de diámetros

En la segunda estimación, se considerará la concentración de esfuerzos y se empleará el valor del radio $r = 2 \text{ mm}$ como punto de referencia para evitar que el eje falle a causa de una acumulación de esfuerzos.

a) Recalculo Concentración de esfuerzo según Shigley

En esta estimación segunda, recalcularemos la sensibilidad a la muesca q y las concentraciones de esfuerzos K_f y K_{fS} que se encuentran en función en K_t y K_{tS} . Siguiendo las recomendaciones del libro de Shigley en la pág. 289.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + q_{cort}(K_{ts} - 1)$$

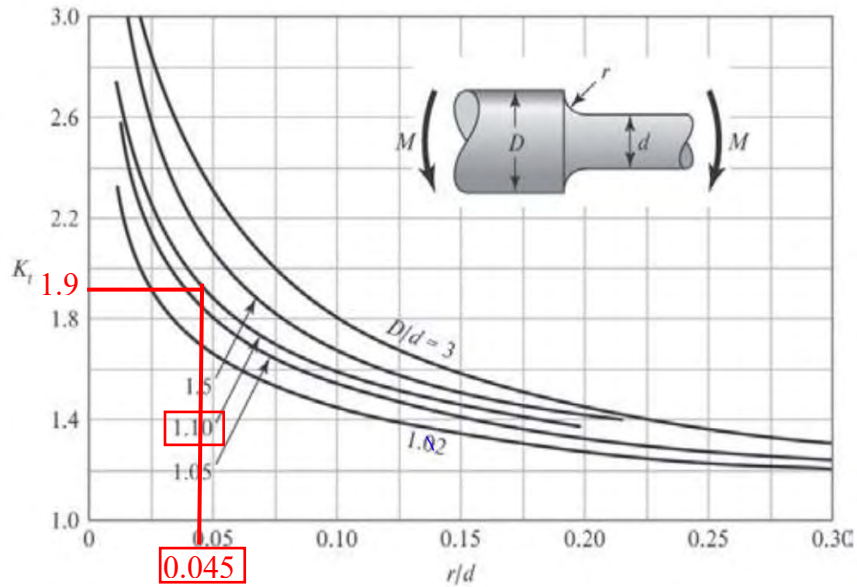
Hallamos K_t y K_{ts} por la recomendación del libro de Shigley en la gráfica A15-8/9

pag.1008 que se fundamenta en la geometría del eje con las relaciones $D/d = 1.10$ y $r = 2mm$.

$$d_2 = \frac{48.79 \text{ mm}}{1.10} = 44.358 \text{ mm}$$

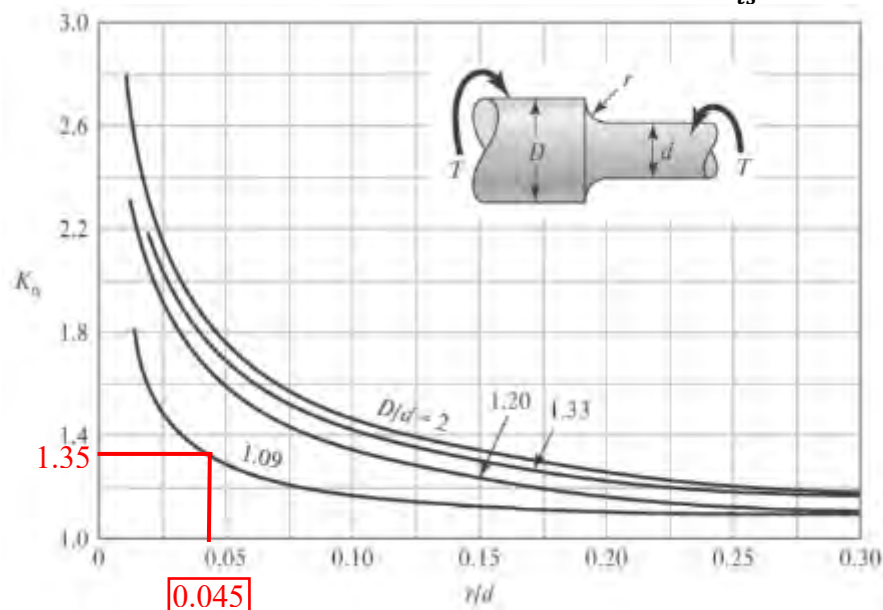
$$\frac{r}{d} = \frac{2}{44.358} = 0.0451 \approx 0.045$$

Figura 62. Factor de Concentración de Esfuerzo para Concentraciones K_t



Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,1010), de Shigley,2015.

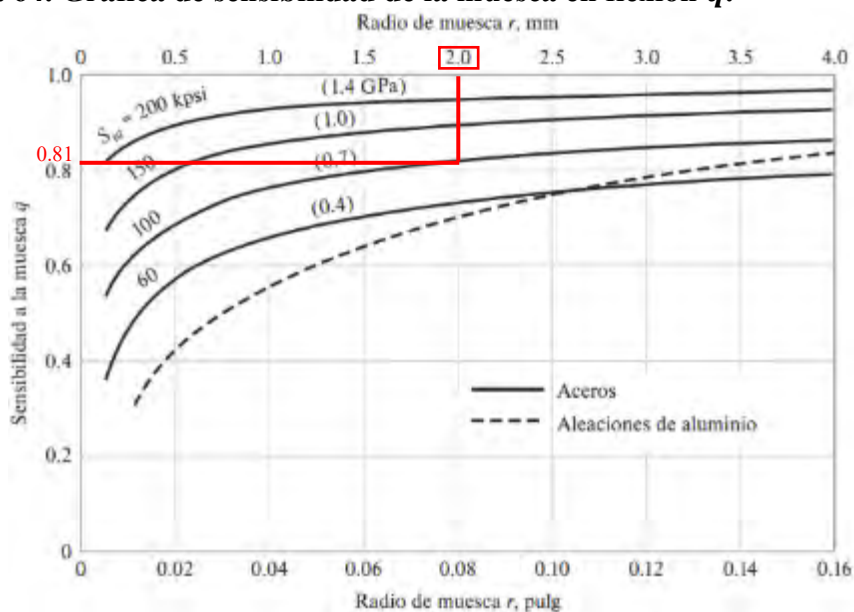
Figura 63. Factor de concentración de esfuerzos en torsión K_{ts}



Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,1010), de Shigley,2015.

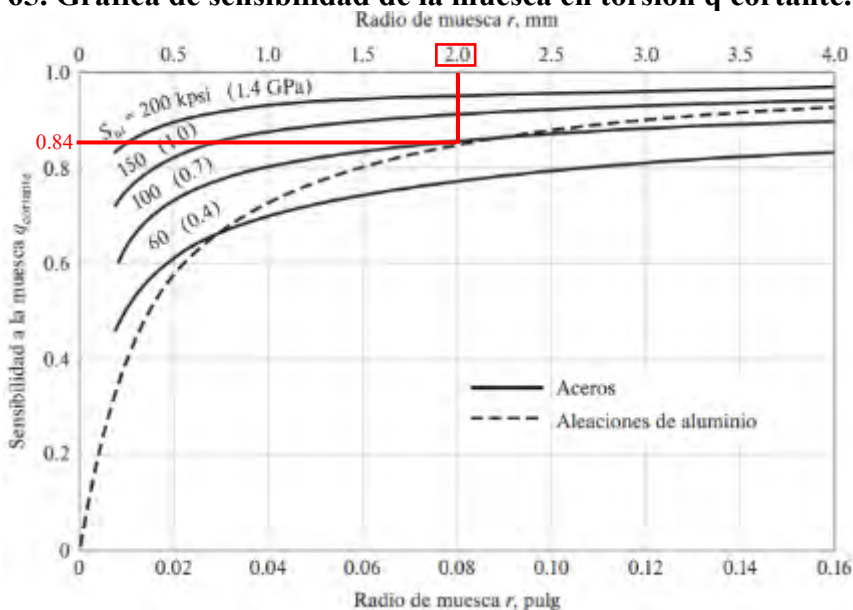
Las cifras que se obtienen de la Figura 62 y Figura 63 indican que $K_t = 1.9$ y $K_{ts} = 1.35$, en consecuencia:

Figura 64. Grafica de sensibilidad de la muesca en flexión q .



Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,290), de Shigley,2015.

Figura 65. Grafica de sensibilidad de la muesca en torsión q cortante.



Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,290), de Shigley,2015.

Las cifras que se obtienen en la Figura 64 y Figura 65 señalan que los valores de $q = 0.81$ y $q_{cort} = 0.84$

Encontramos los valores de las concentraciones de esfuerzos K_f y K_{fS} :

$$K_f = 1 + 0.81(1.9 - 1) = 1.729$$

$$K_{fS} = 1 + 0.84(1.35 - 1) = 1.294$$

b) Recalculo del límite de resistencia a la fatiga y factores de modificación.

En esta segunda estimación, el valor de K_b se determina mediante la ecuación que depende del diámetro de la estimación inicial.

$$K_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91 d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51 d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Debido a que K_b depende del diámetro $d = 44.358 \text{ mm}$ usaremos la siguiente expresión:

$$K_b = 1.24d^{-0.107}$$

$$K_b = 1.24 \times 44.358^{-0.107}$$

$$K_b = 0.826$$

Para los factores de Carga, Temperatura, confiabilidad y de efectos varios ($K_c = K_d = K_e = K_f = 1$): En la segunda aproximación, el libro de Shigley propone fijar el valor 1 en los otros factores de modificación.

Se logra, al reemplazar los datos adquiridos en la ecuación del límite de resistencia a la fatiga en el área crítica del eje:

$$S_e = (0.771)(0.826)(1)(392.5)$$

$$S_e = 256.004 \text{ MPa}$$

Recalculando el diámetro del eje:

$$d_1 = \left\{ \frac{16 * 1.5}{\pi} \left(\frac{2 \times 1.7 \times 994.9}{272.344 \times 10^6} + \frac{[3(1.5 \times 841.73)^2]^{1/2}}{785 \times 10^6} \right) \right\}^{1/3}$$

$$d_1 = 0.049 \text{ m} = 49.464 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

Recalculando el eje menor con la relación $D/d = 1.10$:

$$d_2 = \frac{49.464 \text{ mm}}{1.10} = 44.967 \text{ mm} \approx 45 \text{ mm}$$

4.6.4 La resistencia del eje de acuerdo a la norma CMAA 70

Dentro del apartado 4.11.4. según la normativa CMAA 70, todo eje tiene que estar diseñado para soportar las fuerzas que se producen bajo condiciones estándar de funcionamiento. Por lo tanto, es necesario examinar los esfuerzos variables, como la torsión en la transmisión y la

flexión de los ejes, y comprobar el estrés por fatiga durante las operaciones diarias. Los esfuerzos que se indican a continuación se reconocen en el eje:

a) *Esfuerzo a flexión σ_B*

las siguientes ecuaciones se utilizarán para calcular el esfuerzo de flexión:

$$\sigma_B = \frac{Mr}{I} \leq \frac{\sigma_{ut}}{5}$$

Donde:

$M_{max} = 994.9 \text{ N.m}$: Momento flexionante máximo

$r = 0.025 \text{ m}$: Radio de eje

I : Momento de inercia que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \times 0.05^4}{64} = 3.068 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Reemplazando en la ecuación del esfuerzo a flexión.

$$\sigma_B = \frac{994.9 \text{ N.m} \times 0.025 \text{ m}}{3.068 \times 10^{-7} \text{ m}^4} \leq \frac{785 \text{ MPa}}{5}$$

$$\sigma_B = 81.072 \text{ MPa} \leq 157 \text{ MPa} \rightarrow \text{CUMPLE!}$$

b) *Esfuerzo a Torsión τ_t*

Para determinar el esfuerzo a torsión, aplicaremos las ecuaciones siguientes:

$$\tau_t = \frac{Tr}{J} \leq \frac{\sigma_{ut}}{5\sqrt{3}}$$

Donde:

$T = 841.73 \text{ N.m}$: Torque

J = Momento polar de inercia que se representa en la siguiente ecuación.

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$J = \frac{\pi \times 0.05^4}{32} = 6.136 \times 10^{-7} m^4$$

Reemplazando en la ecuación del esfuerzo a torsión.

$$\tau_t = \frac{841.73 N \cdot m \times 0.025 m}{6.136 \times 10^{-7} m^4} \leq \frac{785 MPa}{5\sqrt{3}}$$

$$\tau_t = 34.295 MPa \leq 90.644 MPa \rightarrow \text{CUMPLE!}$$

c) *Esfuerzo a cortante τ_v*

Aplicando las ecuaciones siguientes se determinará el esfuerzo cortante:

$$\tau_v = 1.33 \frac{V}{A} \leq \frac{\sigma_{ut}}{5\sqrt{3}}$$

Donde:

$V = 14\,458 N$: Fuerza Cortante

A : Área de la sección transversal.

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times 0.05^2}{4} = 1.963 \times 10^{-3} m^2$$

Reemplazando en la ecuación del esfuerzo a torsión.

$$\tau_v = 1.33 \frac{14458 N}{1.963 \times 10^{-3} m^2} \leq \frac{785 MPa}{5\sqrt{3}}$$

$$\tau_v = 9.793 MPa \leq 90.644 MPa \rightarrow \text{CUMPLE!}$$

La normativa CMAA 70, que se utiliza para verificar la tensión por fatiga en el eje, establece que el criterio de Von Mises se aplica utilizando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{com} = \sqrt{\sigma_B^2 + 3\tau_v^2} \leq \frac{\sigma_e}{K_c}$$

Para el material del eje, el esfuerzo de endurecimiento, es:

$$\sigma_e = 0.36\sigma_{ut}K_{sc}$$

Donde:

$K_c = 1.06$: lo podemos hallar en la tabla 4.11.1-2 adjunto en el B.17. Considerando que este valor corresponde a un modelo de maquinaria perteneciente a la categoría D.

$K_{sc} = 0.75$: se puede hallar en la tabla 4.11.1, incluido en el Anexo B. Considerando que este valor corresponde al tipo de eje maquinado.

Se realiza una sustitución en la ecuación del esfuerzo de endurecimiento del material del eje:

$$\sigma_e = 0.36 \times 785 \text{MPa} \times 0.75$$

$$\sigma_e = 211.95 \text{MPa}$$

Ahora calculamos en la Ecuación 129:

$$\sigma_{com} = \sqrt{(81.072)^2 + 3(34.295 + 9.793)^2} \leq \frac{211.95}{1.06}$$

$$\sigma_{com} = 111.372 \text{MPa} \leq 199.953 \text{MPa} \rightarrow \text{CUMPLE!}$$

4.7 Selección y cálculo de rodamiento

El cálculo se fundamenta en la carga dinámica, empleando un rodamiento de una hilera de rodillos cónicos 30310, cuyo diámetro externo es de 110 mm y el agujero tiene un diámetro de 50 mm. A pesar de que los rodillos rotulados son recomendables para cargas combinadas, no sirven en este caso porque solo tratamos con cargas radiales. Esta categoría de rodillos es perfecta para cargas pesadas, proporciona auto-alineación y se acomoda a la flexión del eje.

Determinamos la fuerza dinámica necesaria para el funcionamiento del rodamiento:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P_{rod}} \right)^p$$

Despejando con el objetivo de identificar la carga.

$$C = P_{rod} \sqrt[p]{\frac{60 \cdot n \cdot L_{10h}}{10^6}}$$

Hallamos

P_{rod} : El sistema solo tiene carga radial, en la que la carga dinámica equivalente sobre el rodamiento (N) se calcula mediante la suma vectorial de las reacciones R_{ay} y R_{by} de los soportes de los ejes, más las reacciones R_{ax} y R_{bx} generadas por el movimiento de la plataforma.

$$P_{rod} = 1.2F_r$$

$$R_{ay} = R_{by} = 14\,458\,N$$

$$R_{ax} = R_{bx} = 3\,366.9\,N$$

$$P_{rod} = 1.2 \times \sqrt{(14\,458)^2 + (3\,366.9)^2}$$

$$P_{rod} = 17813.828\,N \approx 17.814\,kN$$

p : Exponente de la fórmula de duración =10/3 para rodamiento a rodillos.

n : Velocidad constante de rotación en (rpm) =11.6rpm

L_{10h} : Duración nominal en horas de servicio (hs) = 10000

Sustituyendo la carga dinámica en la ecuación:

$$C = 17.814 \times \sqrt[10/3]{\frac{60 \times 11.6 \times 10000}{10^6}}$$

$$C = 31.88\,kN$$

De acuerdo con la especificación técnica del rodamiento 30310, adjunta en la Figura A.2 del Anexo A, la capacidad de la carga básica se establece como:

$$C \leq C_{SKF}$$

$$31.88 \text{ kN} \leq 154 \text{ kN} \rightarrow \text{CUMPLE!}$$

La duración nominal básica del rodamiento se puede calcular utilizando la fórmula de duración nominal, que se expresa en horas de servicio, a partir del rodamiento elegido:

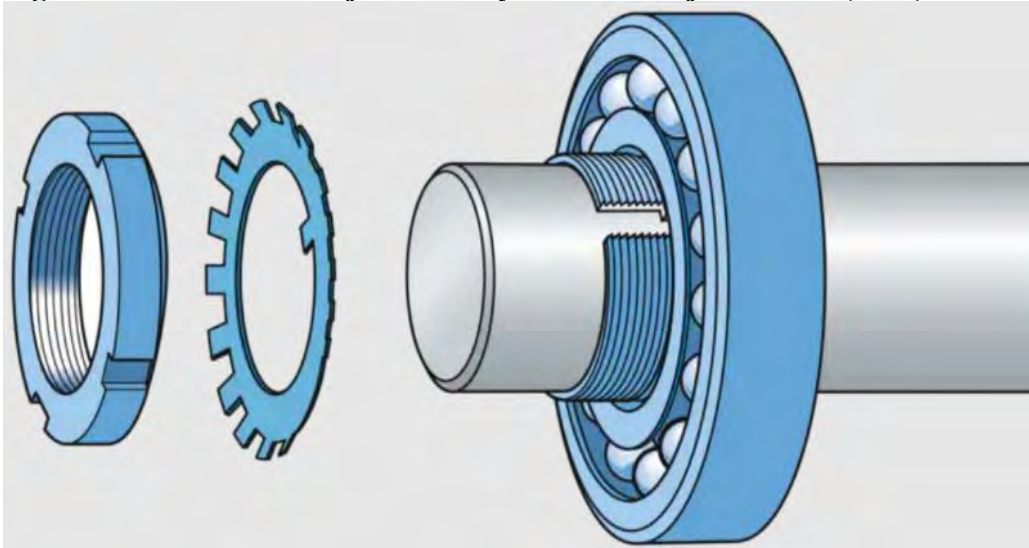
$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \times 11.6} \left(\frac{154}{17.814} \right)^{\frac{10}{3}}$$

$$L_{10h} = 1\,905\,117.077 \text{ (Horas de funcionamiento)}$$

4.7.1 Selección de la Arandela de fijación MB y la Tuerca de fijación KM

SKF recomienda el empleo de tuercas de fijación, que también son conocidas como tuercas de eje, en sus manuales de ensamble y desensamble. Se utilizan para garantizar rodamientos y otros elementos en los ejes, lo que hace más fácil el trabajo de montar y desmontar. Las tuercas de sujeción presentan cinco opciones diferentes de fijación. Usaremos la fijación mediante una arandela de retención en nuestro diseño, porque es simple, estable y confiable. Como se muestra en la Figura 66, esta se une al chavetero del eje y fija la tuerca en su lugar.

Figura 66. Arandela de fijación MB y Tuerca de fijación KM (SKF)



Nota: Adaptado del Catalogo SKF, instalación y desmontaje, (p.1102). de SKf, 2021

Las tuercas de fijación satisfacen la norma ISO 2982-2:2001. Para un eje de 50 mm, se emplearán la arandela MB10 y la tuerca KM 10 - M50 x 1.5. Para obtener más información, se sugiere consultar la ficha técnica que se encuentra en el Anexo A, Figura A.3.

4.7.2 Selección de Reten Radial para eje

Para proteger la caja que albergará los rodamientos, el diseño elegido del conjunto rueda requiere la utilización de retenes radiales.

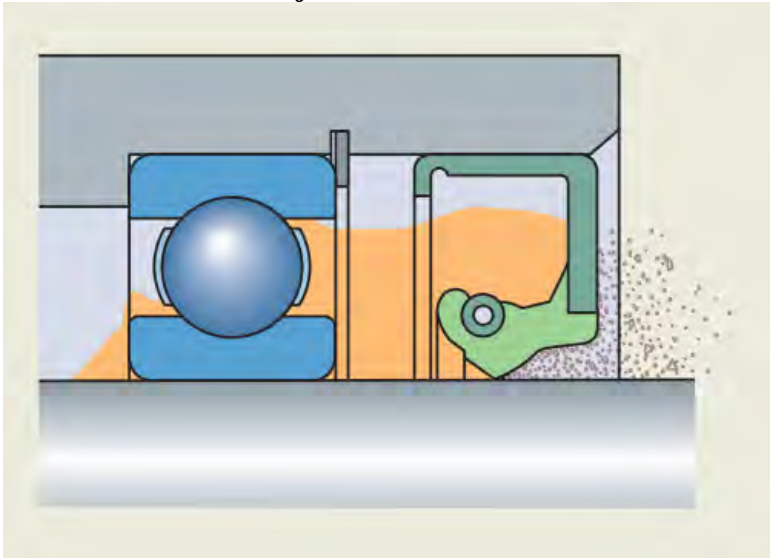
Al seleccionar un retén, es necesario tener en cuenta la función que desempeñará (ya sea retención o limpieza), su velocidad de movimiento y el acabado superficial del eje. También debemos considerar si es compatible con la grasa o el material del sello, la temperatura de operación, los contaminantes y la presión (ya sea externa o interna).

La lubricación de nuestros rodamientos se realizará con grasa, y la velocidad del eje girará a 20 m/min, sin sobrepasar los 100°C. Según lo indicado en el Anexo A5 y en la tabla de selección de Sellos Radiales de SKF, la carga que soportará nuestro eje será radial. Elegimos el tipo de sello.

Reten radial Seleccionado:

RETEN RADIAL DEL EJE 45 x 65 x 8 CRW1 V, bajo la normativa ISO 6194-1 y DIN 3760, con carcasa metálica con revestimiento sellador en el diámetro externo, con una temperatura máxima de funcionamiento de 200°C. Conforme a las especificaciones requeridos.

Figura 67. Reten radial del eje.



Nota: Adaptado de Catalogo SKF(P,195), sellos industriales, 2021

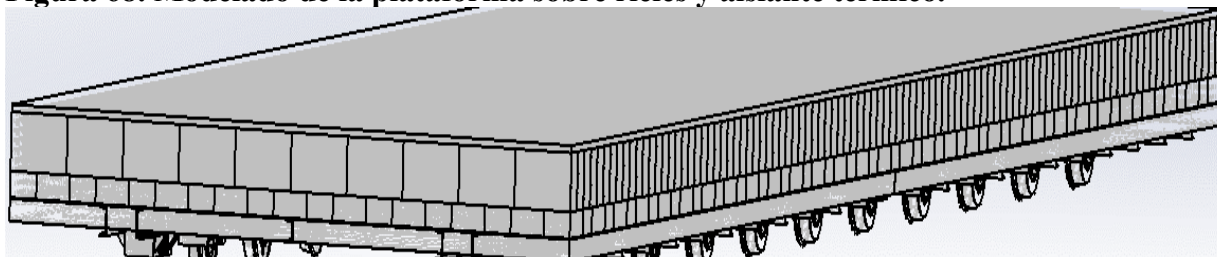
CAPÍTULO V: SIMULACIÓN NUMÉRICA

La elección de los perfiles empleados para las vigas transversales y principales empleadas en la plataforma se determinó a través de cálculos analíticos, tal como se detalla en el 0.

El análisis y simulación de elementos finitos se realizará a continuación para disminuir la incertidumbre en el diseño. Con el fin de comparar los resultados de ambos capítulos, se calculará analíticamente los elementos críticos.

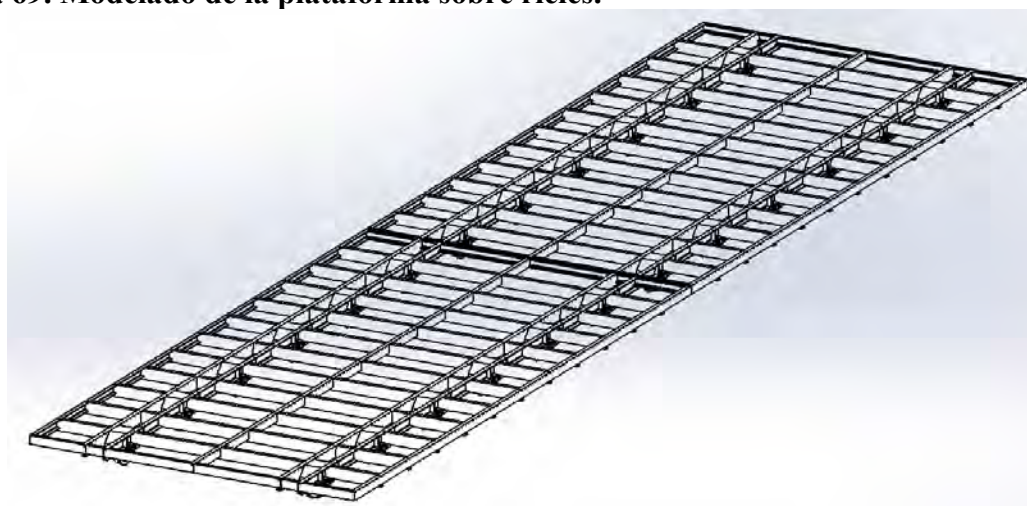
La implementación de la simulación mediante elementos finitos se llevará a cabo mediante el software Ansys Workbench. Se llevó a cabo el modelado tridimensional, utilizando el software Solidworks, de la totalidad de la estructura de la plataforma sobre rieles.

Figura 68. Modelado de la plataforma sobre rieles y aislante térmico.



Nota: Elaboración propia.

Figura 69. Modelado de la plataforma sobre rieles.



Nota: Elaboración propia.

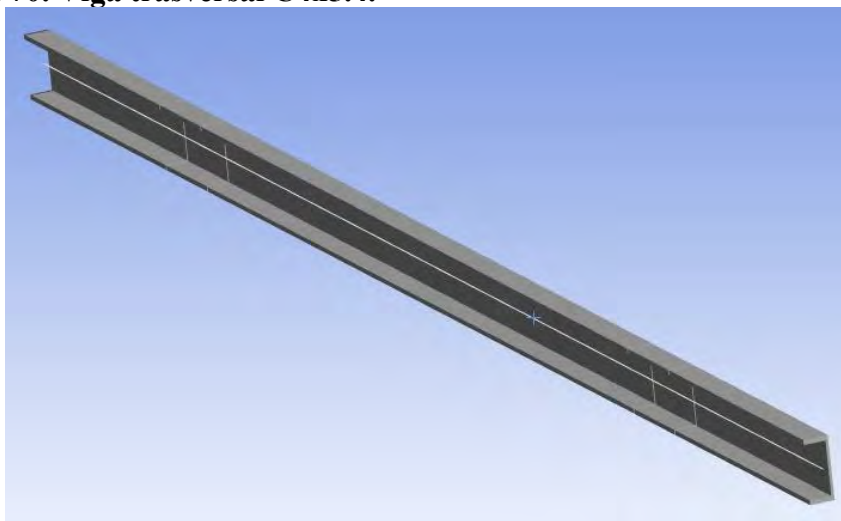
5.1 Cálculo de la Viga Transversal por Elementos Finitos

La situación se enfoca en la viga transversal de la sección 4.2, examinando una viga empotrada con soportes fijos que soporta una carga intermedia o repartida, la cual es igual al peso de dicha viga y a la carga nominal distribuida vinculada a cada viga transversal

5.1.1 Modelado Geométrico Del Sistema

El modelo geométrico de esta viga hiperestática constituye la base para la posterior asignación de propiedades mecánicas, condiciones de borde y cargas aplicadas en el análisis FEM.

Figura 70. Viga trasversal C4x5.4.



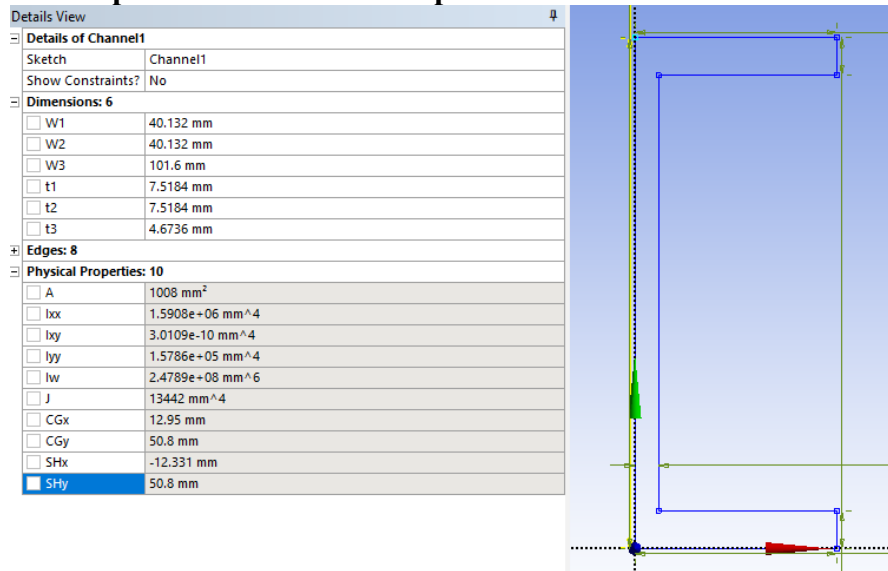
Nota: Elaboración propia.

5.1.2 Definición de propiedades de sección y materiales

Una vez establecida la geometría del modelo, se efectuó la asignación de las propiedades de sección pertinentes a cada componente estructural, en concordancia con los perfiles seleccionados en el diseño. Se establecieron también las características mecánicas del material, incluyendo el coeficiente de Poisson, el módulo de elasticidad y el límite de fluencia, correspondientes al acero estructural empleado. Estas características posibilitan la representación

del comportamiento mecánico del material en respuesta a las demandas aplicadas durante el proceso de simulación.

Figura 71. Propiedades de sección del perfil C4x5.4.



Nota: Elaboración propia.

Figura 72. Propiedades del material de acero estructural ASTM A-36.

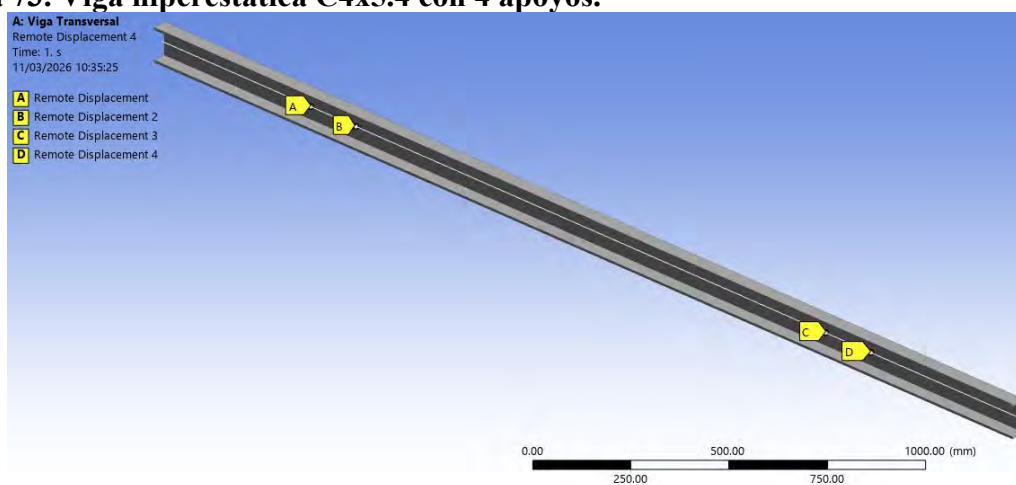
Outline of Schematic A2: Engineering Data					
	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data		Source		Description
3	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
Properties of Outline Row 3: Structural Steel					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C ⁻¹		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's ...			
8	Young's Modulus	200	GPa		
9	Poisson's Ratio	0.3			
10	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa		
11	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa		
12	Strain-Life Parameters				
20	S-N Curve	Tabular			
24	Tensile Yield Strength	250	MPa		
25	Compressive Yield Strength	250	MPa		
26	Tensile Ultimate Strength	460	MPa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Nota: Elaboración propia.

5.1.3 Condiciones de borde y cargas aplicadas

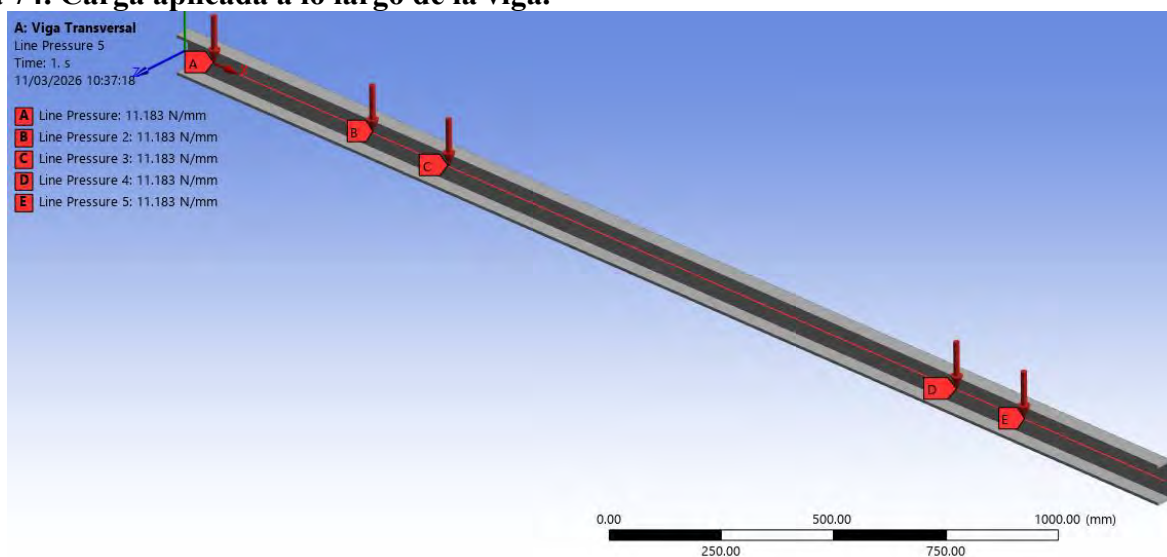
Las condiciones de borde se establecieron con el objetivo de representar de manera adecuada las restricciones reales del sistema durante su funcionamiento. En el modelo se definieron los cuatro apoyos y restricciones, así como las limitaciones de desplazamiento en determinadas direcciones. Estas condiciones permiten reproducir el comportamiento estructural del sistema bajo las cargas de operación consideradas.

Figura 73. Viga hiperestática C4x5.4 con 4 apoyos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 74. Carga aplicada a lo largo de la viga.

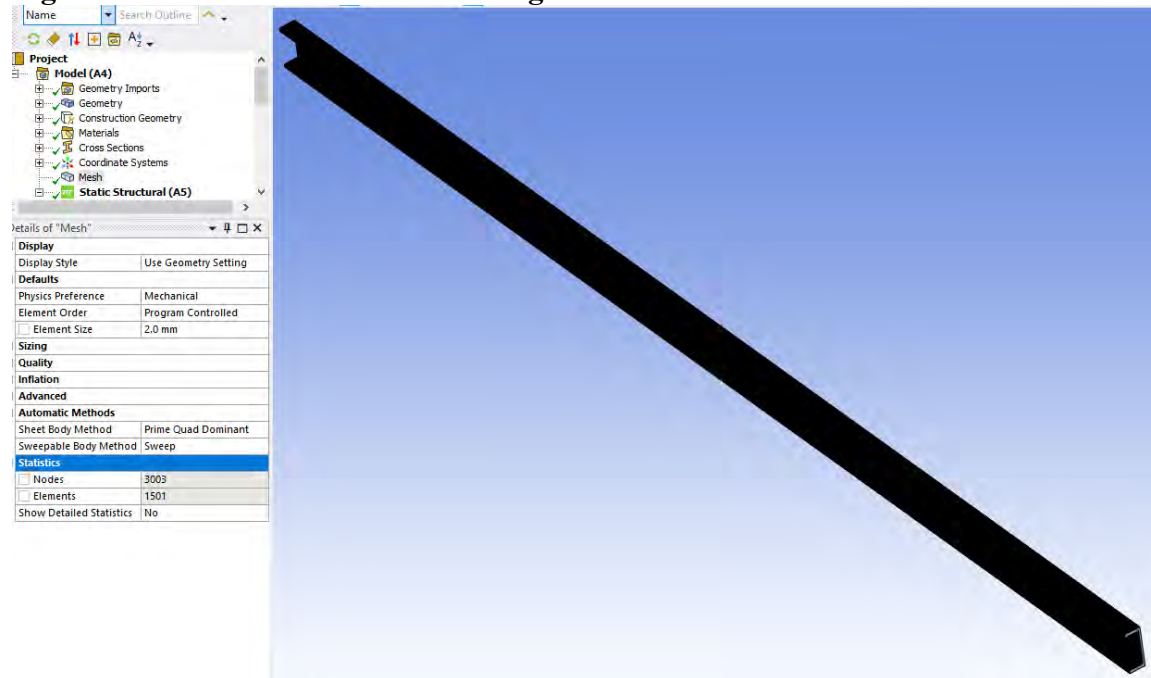


Nota: Elaboración propia.

5.1.3.1 Mallado Del Modelo

El modelo geométrico fue discretizado mediante un proceso de mallado, dividiendo la estructura en un conjunto de elementos finitos interconectados. La densidad del mallado fue seleccionada de manera que se logre un equilibrio entre precisión en los resultados y eficiencia computacional, con el fin de obtener una mejor representación de los esfuerzos y deformaciones.

Figura 75. Detalle de mallado de la Viga.



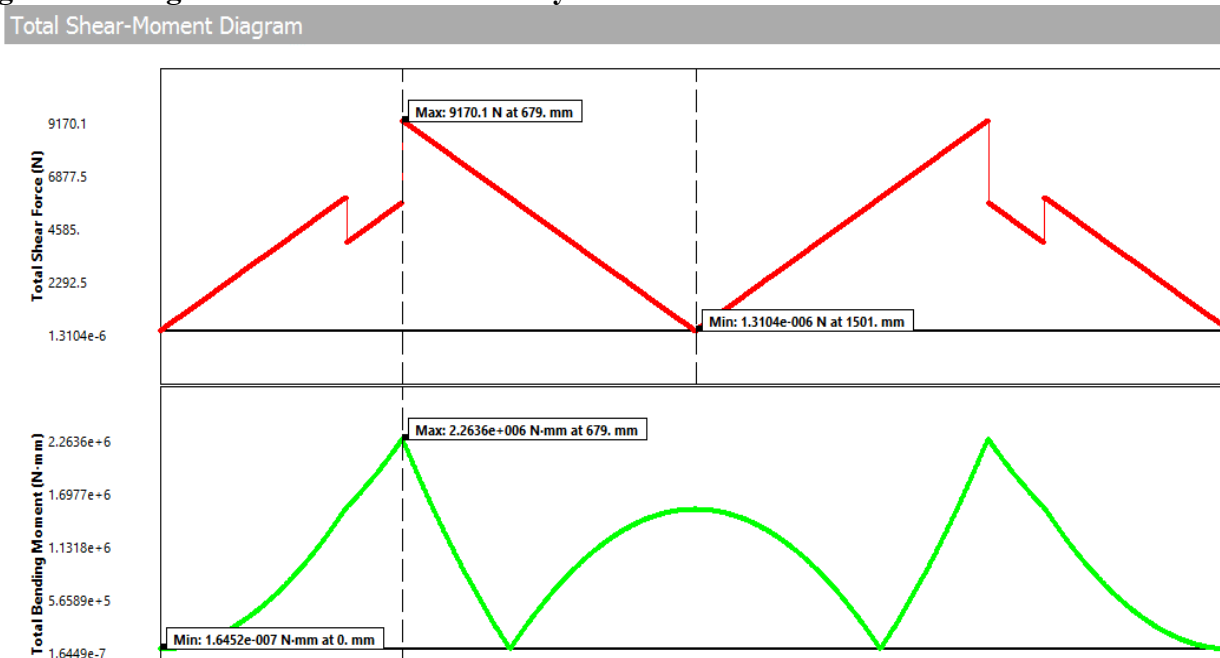
Nota: Elaboración propia.

5.1.4 Simulación Mediante FEM

Finalmente, se realizó la simulación estructural utilizando el método de elementos finitos (FEM), aplicando las cargas correspondientes al peso de la plataforma y de los ladrillos transportados, así como las condiciones de borde previamente definidas. A partir de este análisis se obtuvieron resultados relacionados con la distribución de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos en la estructura. Estos resultados permiten evaluar el comportamiento mecánico

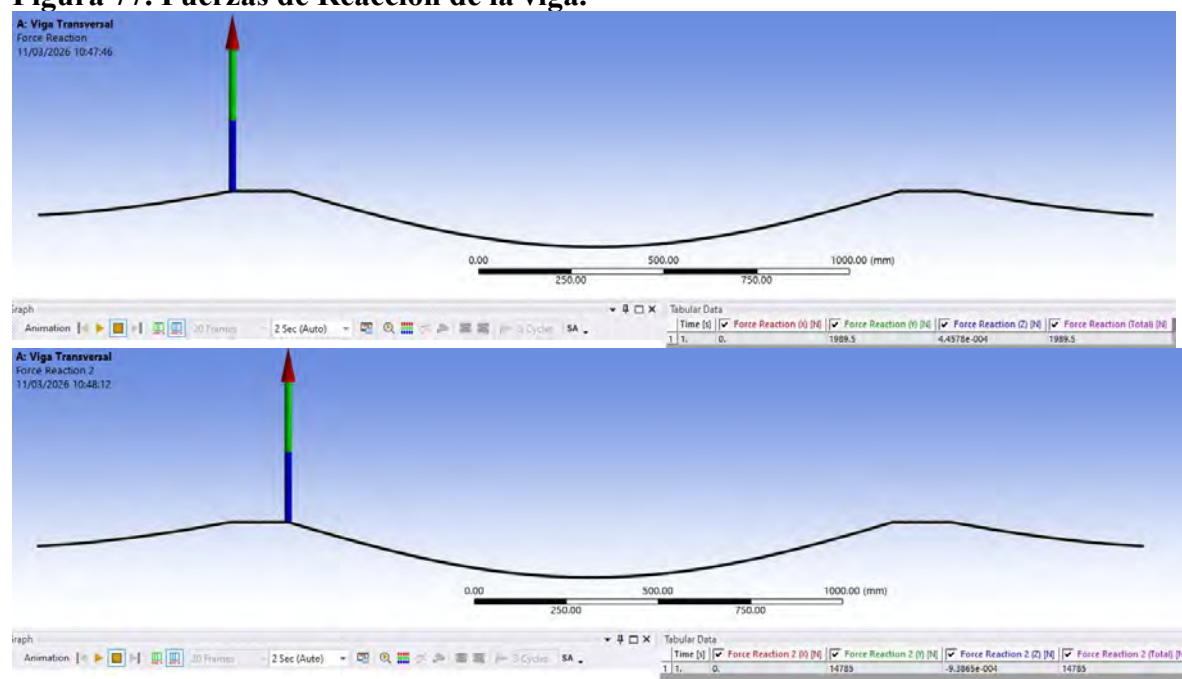
del sistema y verificar que los niveles de esfuerzo se mantienen dentro de los límites admisibles del material.

Figura 76. Diagrama de Fuerzas cortantes y Momentos Flectores.



Nota: Elaboración propia.

Figura 77. Fuerzas de Reacción de la viga.



Nota: Elaboración propia.

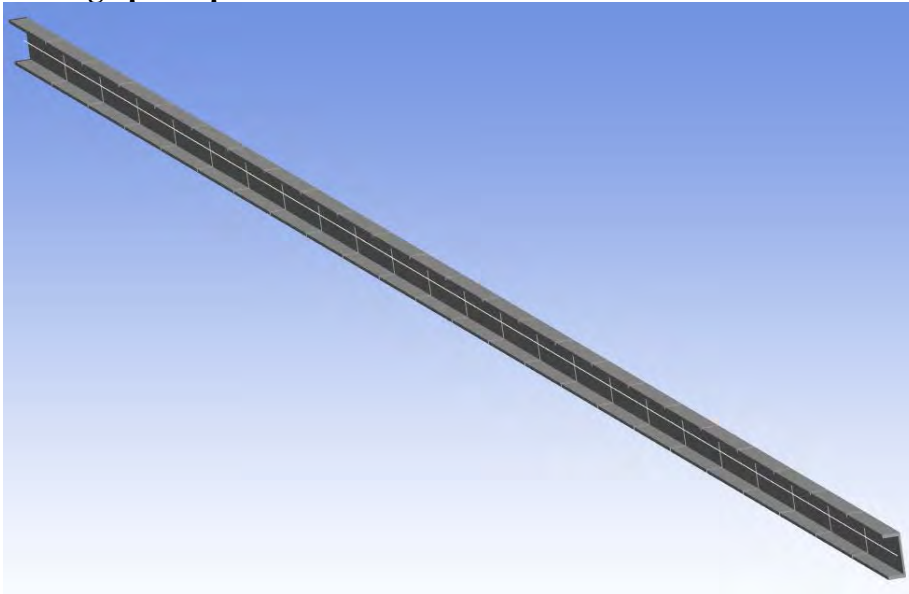
5.2 Cálculo de la Viga Principal por Elementos Finitos

La situación se enfoca en la viga transversal de la sección 4.3, examinando una viga empotrada con soportes fijos que soporta una carga intermedia o repartida, la cual es igual al peso de dicha viga y a la carga nominal distribuida vinculada a cada viga transversal

5.2.1 Modelado Geométrico Del Sistema

El modelo geométrico de esta viga hiperestática constituye la base para la posterior asignación de propiedades mecánicas, condiciones de borde y cargas aplicadas en el análisis FEM.

Figura 78. Viga principal C4x5.4.



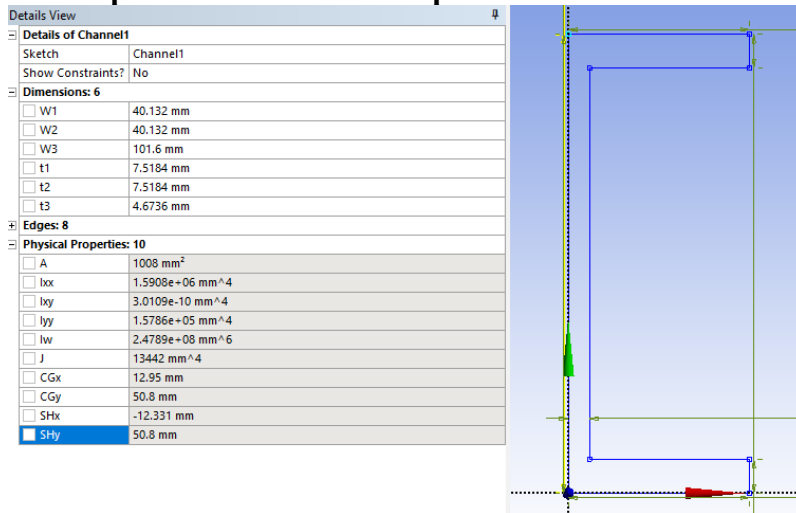
Nota: Elaboración propia.

5.2.2 Definición de propiedades de sección y materiales

Una vez establecida la geometría del modelo, se efectuó la asignación de las propiedades de sección pertinentes a cada componente estructural, en concordancia con los perfiles seleccionados en el diseño. Se establecieron también las características mecánicas del material, incluyendo el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson y el límite de fluencia,

correspondientes al acero estructural empleado. Estas características posibilitan la representación del comportamiento mecánico del material en respuesta a las demandas implementadas durante el proceso de simulación.

Figura 79. Propiedades de sección del perfil C4x5.4.



Nota: Elaboración propia.

Figura 80. Propiedades del material de acero estructural ASTM A-36.

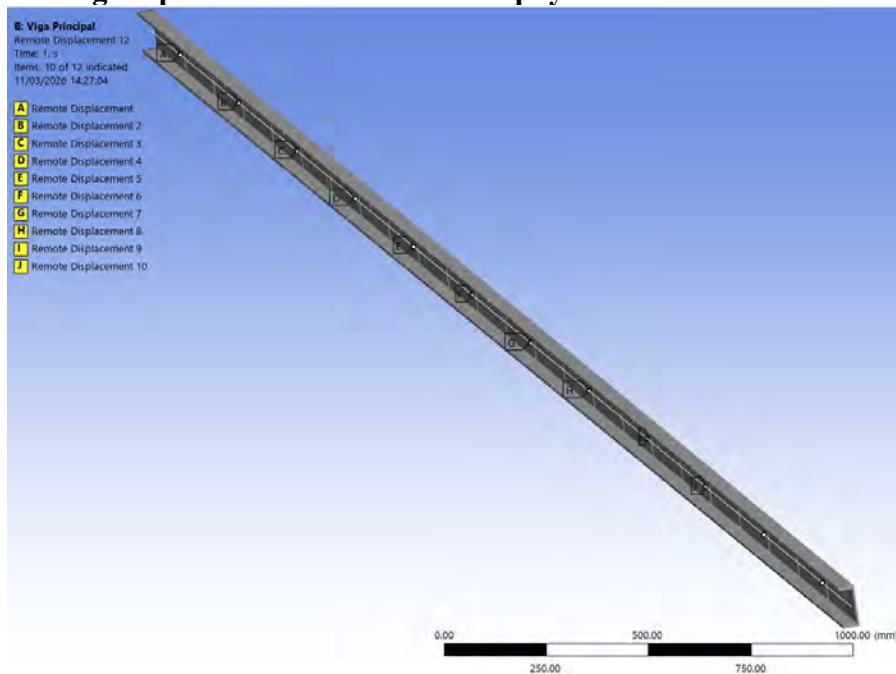
Outline of Schematic A2: Engineering Data					
	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data		Source		Description
3	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
Properties of Outline Row 3: Structural Steel					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C ⁻¹		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's ...			
8	Young's Modulus	200	GPa		
9	Poisson's Ratio	0.3			
10	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa		
11	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa		
12	Strain-Life Parameters				
20	S-N Curve	Tabular			
24	Tensile Yield Strength	250	MPa		
25	Compressive Yield Strength	250	MPa		
26	Tensile Ultimate Strength	460	MPa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Nota: Elaboración propia.

5.2.3 Condiciones de borde y cargas aplicadas

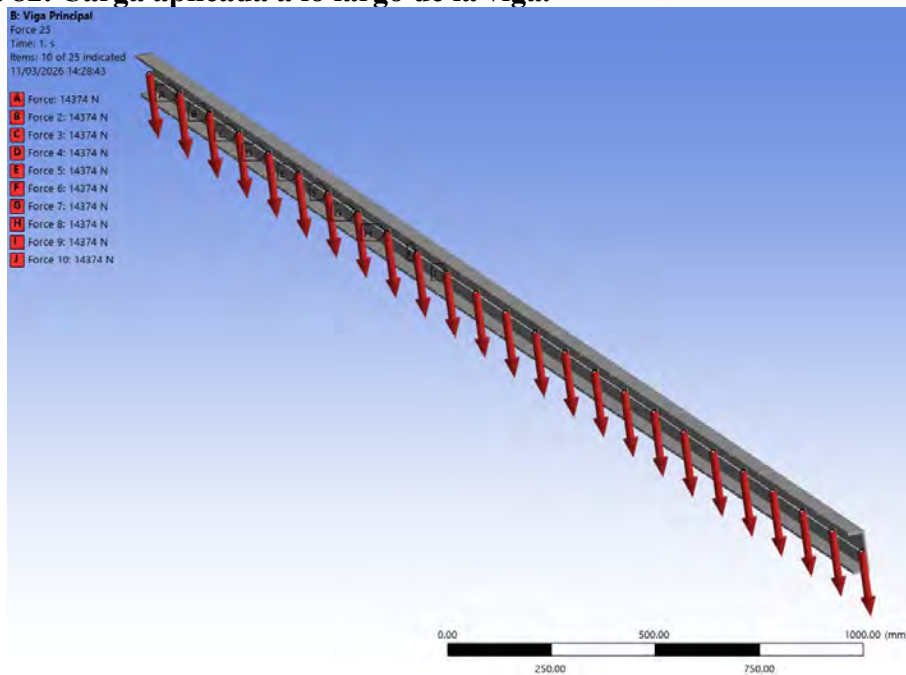
Las condiciones de borde se establecieron con el objetivo de representar de manera adecuada las restricciones reales del sistema durante su funcionamiento. En el modelo se definieron los cuatro apoyos y restricciones, así como las limitaciones de desplazamiento en determinadas direcciones. Estas condiciones permiten reproducir el comportamiento estructural del sistema bajo las cargas de operación consideradas.

Figura 81. Viga hiperestática C4x5.4 con 4 apoyos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 82. Carga aplicada a lo largo de la viga.

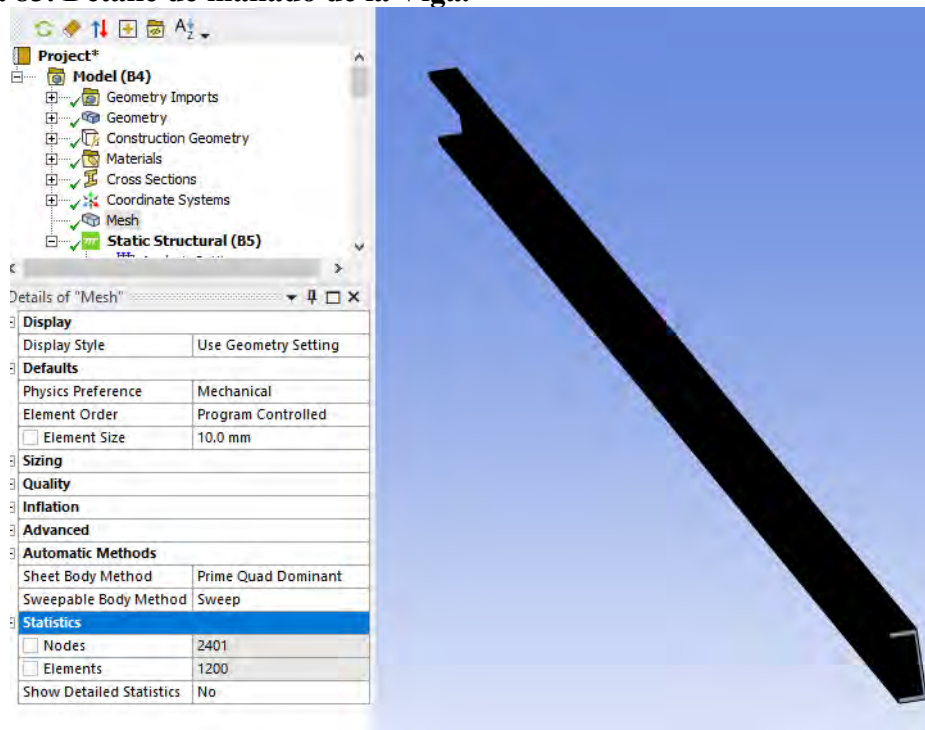


Nota: Elaboración propia.

5.2.3.1 Mallado Del Modelo

El modelo geométrico fue discretizado mediante un proceso de mallado, dividiendo la estructura en un conjunto de elementos finitos interconectados. La densidad del mallado fue seleccionada de manera que se logre un equilibrio entre precisión en los resultados y eficiencia computacional, con el fin de obtener una mejor representación de los esfuerzos y deformaciones.

Figura 83. Detalle de mallado de la Viga.

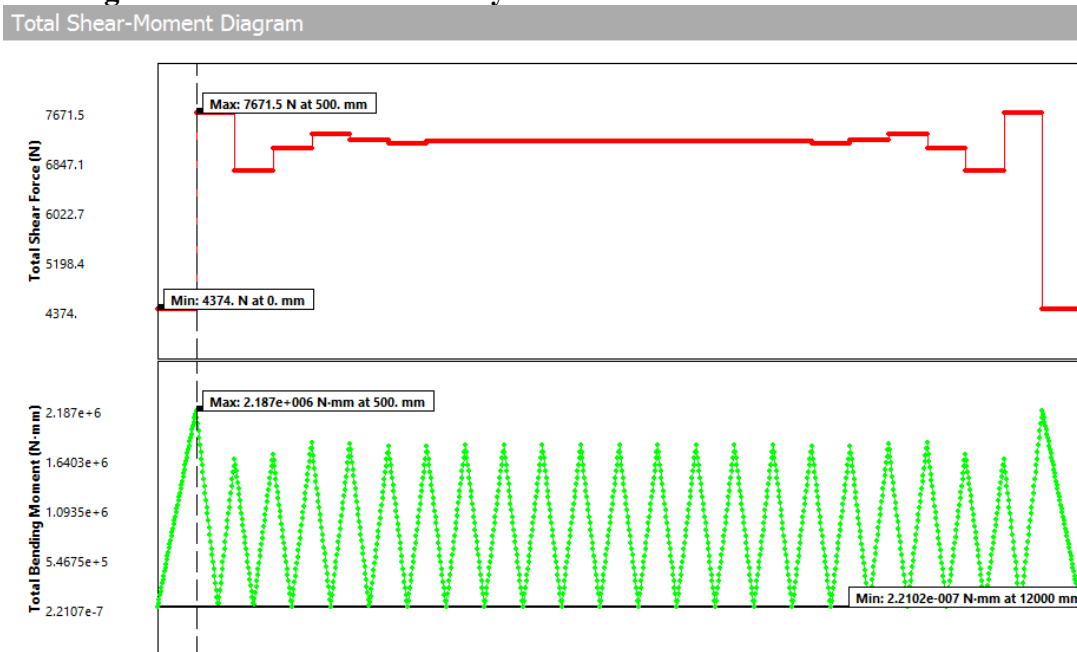


Nota: Elaboración propia.

5.2.4 Simulación Mediante FEM

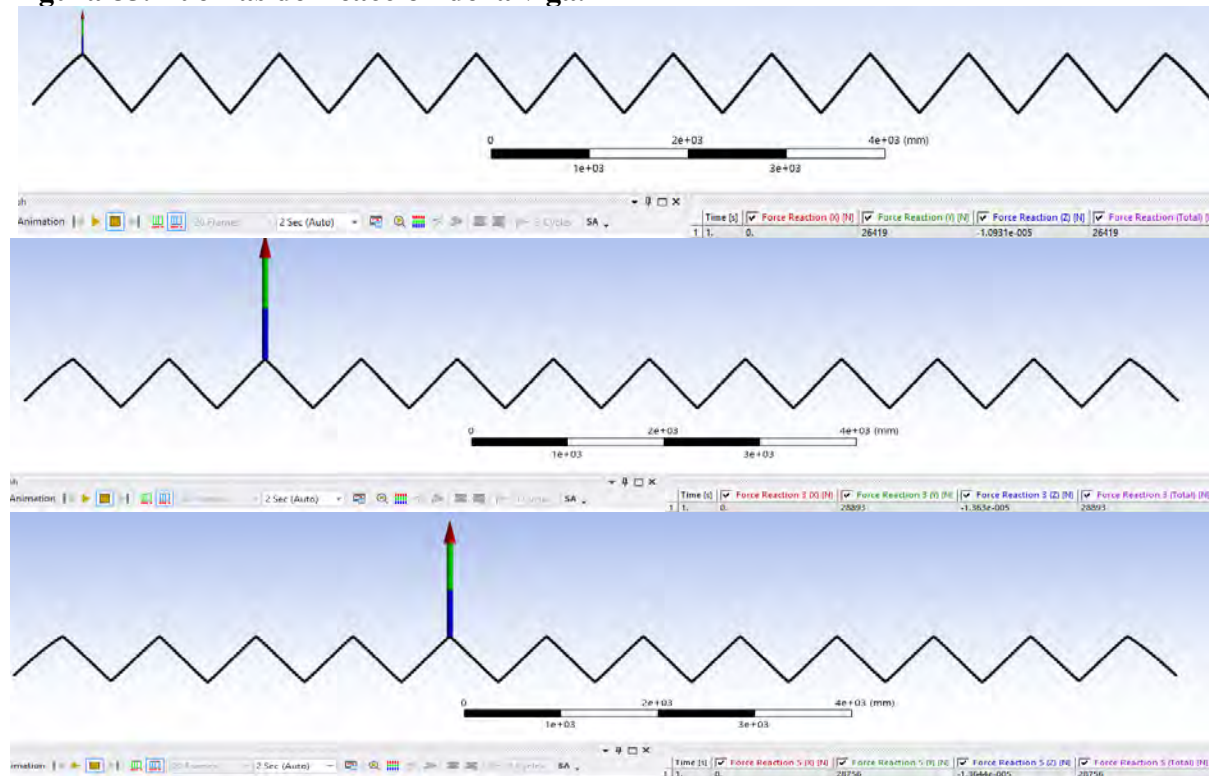
Finalmente, se realizó la simulación estructural utilizando el método de elementos finitos (FEM), aplicando las cargas correspondientes al peso de la plataforma y de los ladrillos transportados, así como las condiciones de borde previamente definidas. Este análisis arrojó hallazgos vinculados a la distribución de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos en la estructura estructural. Estos hallazgos posibilitan la evaluación del comportamiento mecánico del sistema y la comprobación de que los niveles de esfuerzo se mantengan dentro de los límites permitidos del material.

Figura 84. Diagrama de Fuerzas cortantes y Momentos Flectores.



Nota: Elaboración propia.

Figura 85. Fuerzas de Reacción de la viga.



Nota: Elaboración propia.

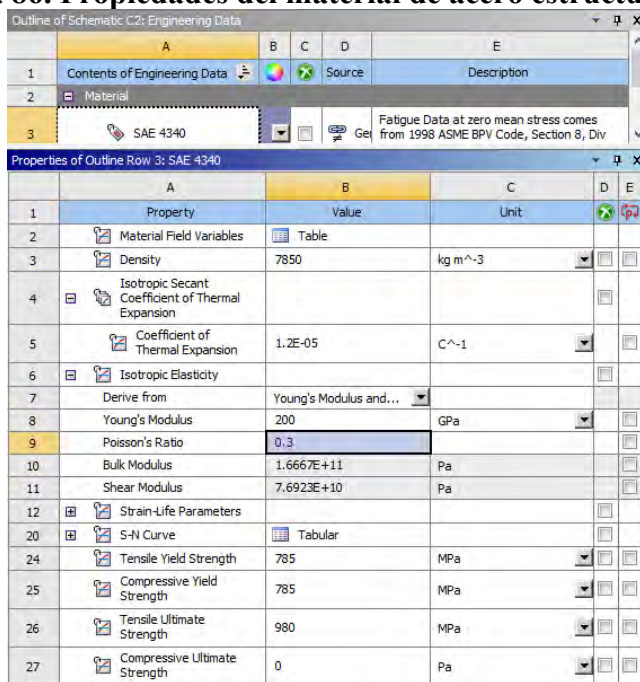
5.3 Cálculo de la Rueda por Elementos Finitos

Este caso se refiere a la rueda seleccionada en la sección 4.5 considerando que la rueda con apoyos fijos y carga intermedia correspondientes al peso de la plataforma.

5.3.1 Definición de propiedades de sección y materiales

Una vez determinada la geometría del modelo, se asignaron las propiedades de sección a cada elemento estructural según los perfiles del diseño. También se definieron las propiedades mecánicas del acero estructural, incluyendo el módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson y límite de fluencia, para representar su comportamiento mecánico durante la simulación.

Figura 86. Propiedades del material de acero estructural SAE 4340.



Property	Value	Unit
Density	7850	kg m ⁻³
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C ⁻¹
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modulus and...	
Young's Modulus	200	GPa
Poisson's Ratio	0.3	
Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa
Shear Modulus	7.6923E+10	Pa
Strain-Life Parameters		
S-N Curve	Tabular	
Tensile Yield Strength	785	MPa
Compressive Yield Strength	785	MPa
Tensile Ultimate Strength	980	MPa
Compressive Ultimate Strength	0	Pa

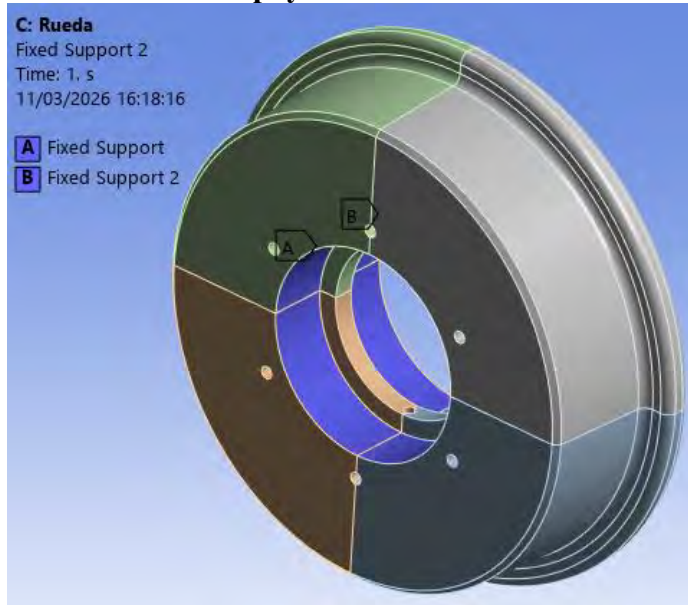
Nota: Elaboración propia.

5.3.2 Condiciones de borde y cargas aplicadas

Las condiciones de borde se diseñaron para reflejar adecuadamente las restricciones reales del sistema en funcionamiento, definiendo cuatro apoyos y limitaciones en

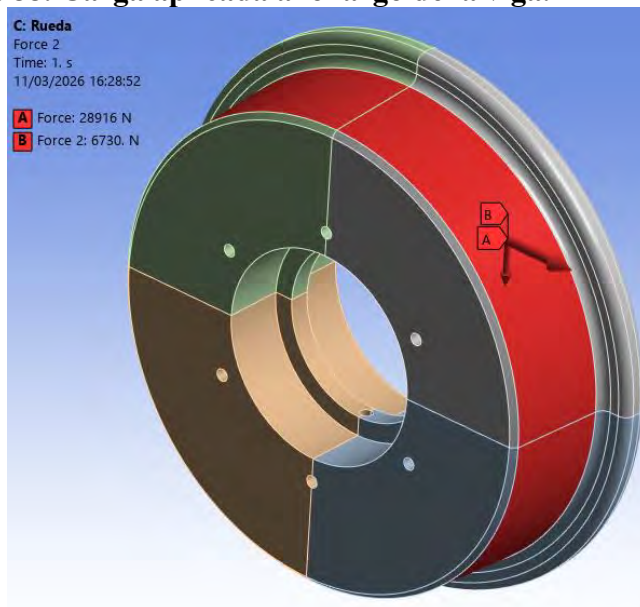
desplazamientos en ciertas direcciones, lo que permite reproducir el comportamiento estructural del sistema bajo las cargas de operación consideradas.

Figura 87. Rueda con 2 apoyos de los rodamientos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 88. Carga aplicada a lo largo de la viga.

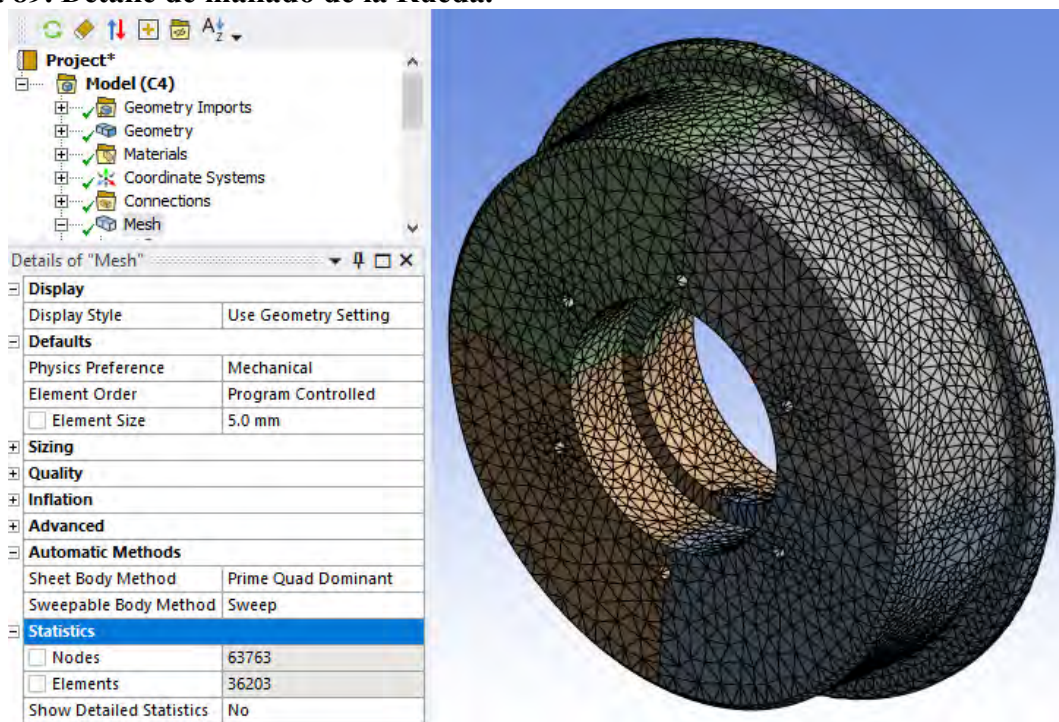


Nota: Elaboración propia.

5.3.2.1 Mallado Del Modelo

El modelo geométrico fue discretizado mediante mallado en elementos finitos. La densidad del mallado se seleccionó para equilibrar precisión y eficiencia computacional, mejorando la representación de esfuerzos y deformaciones.

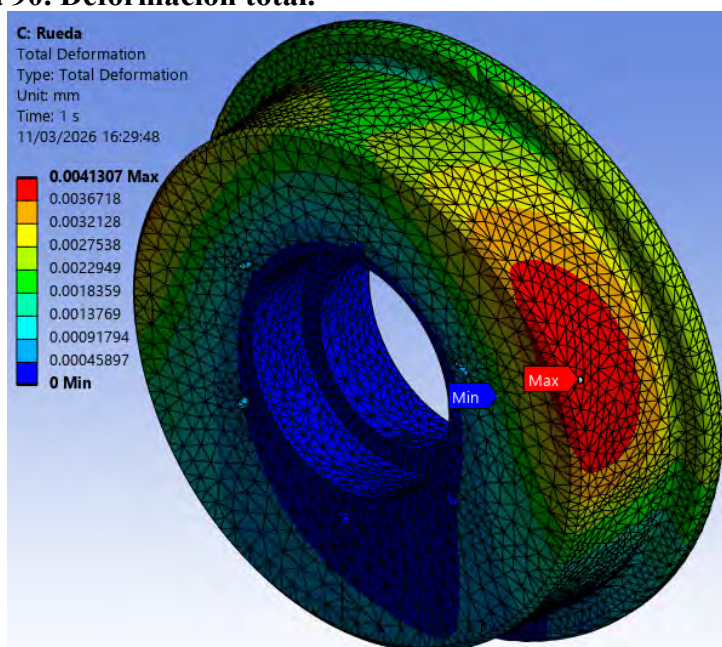
Figura 89. Detalle de mallado de la Rueda.



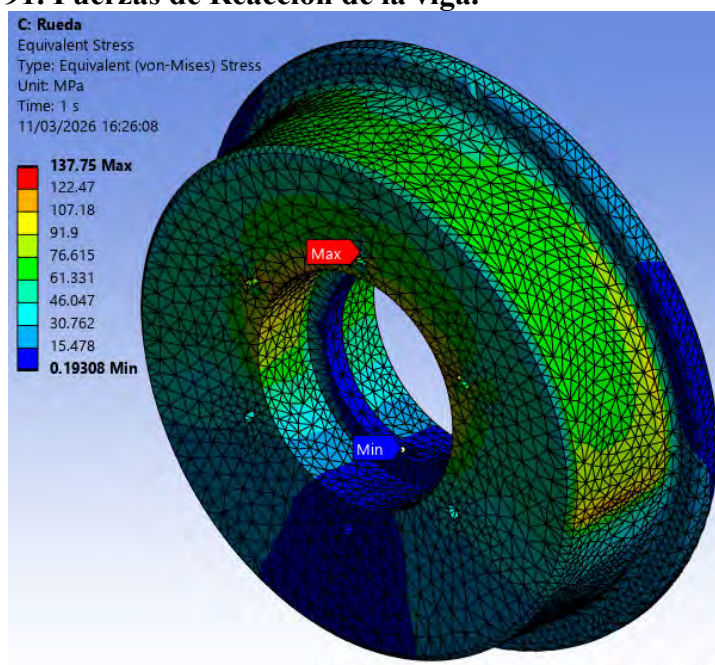
Nota: Elaboración propia.

5.3.3 Simulación Mediante FEM

La simulación estructural se realizó mediante el método de elementos finitos (FEM), considerando las cargas del peso de la plataforma y los ladrillos, así como las condiciones de borde. El análisis reveló la distribución de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos en la estructura, permitiendo evaluar el comportamiento mecánico del sistema y confirmar que los niveles de esfuerzo se ajustan a los límites permitidos del material.

Figura 90. Deformación total.

Nota: Elaboración propia.

Figura 91. Fuerzas de Reacción de la viga.

Nota: Elaboración propia.

5.4 Cálculo del Soporte de Rueda por Elementos Finitos

Este caso se refiere a la viga transversal seleccionada en el apartado 4.5 considerando que la rueda con apoyos fijos y carga intermedia correspondientes al peso de la plataforma.

5.4.1 Definición de propiedades de sección y materiales

Una vez definida la geometría del modelo, se asignaron las propiedades de sección a cada componente estructural y las características mecánicas del acero utilizado, como el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson y el límite de fluencia, para simular su comportamiento mecánico ante las cargas aplicadas.

Figura 92. Propiedades del material de acero estructural ASTM A-36.

A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data	Source	Description	
3	Structural Steel		Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1	

A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m ⁻³	
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
5	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C ⁻¹	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's ...		
8	Young's Modulus	200	GPa	
9	Poisson's Ratio	0.3		
10	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa	
11	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa	
12	Strain-Life Parameters			
20	S-N Curve	Tabular		
24	Tensile Yield Strength	250	MPa	
25	Compressive Yield Strength	250	MPa	
26	Tensile Ultimate Strength	460	MPa	
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa	

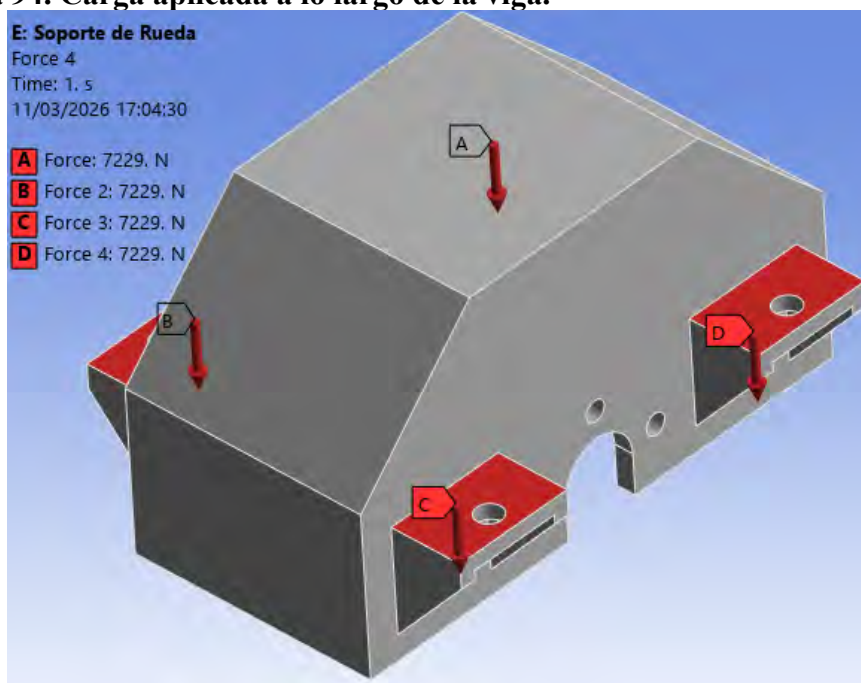
Nota: Elaboración propia.

5.4.2 Condiciones de borde y cargas aplicadas

Las condiciones de borde se definieron para representar adecuadamente las restricciones del sistema en funcionamiento, estableciendo cuatro apoyos y limitaciones de desplazamiento en ciertas direcciones. Esto permite reproducir el comportamiento estructural del sistema bajo las cargas de operación consideradas.

Figura 93. Rueda con 2 apoyos de los rodamientos.

Nota: Elaboración propia.

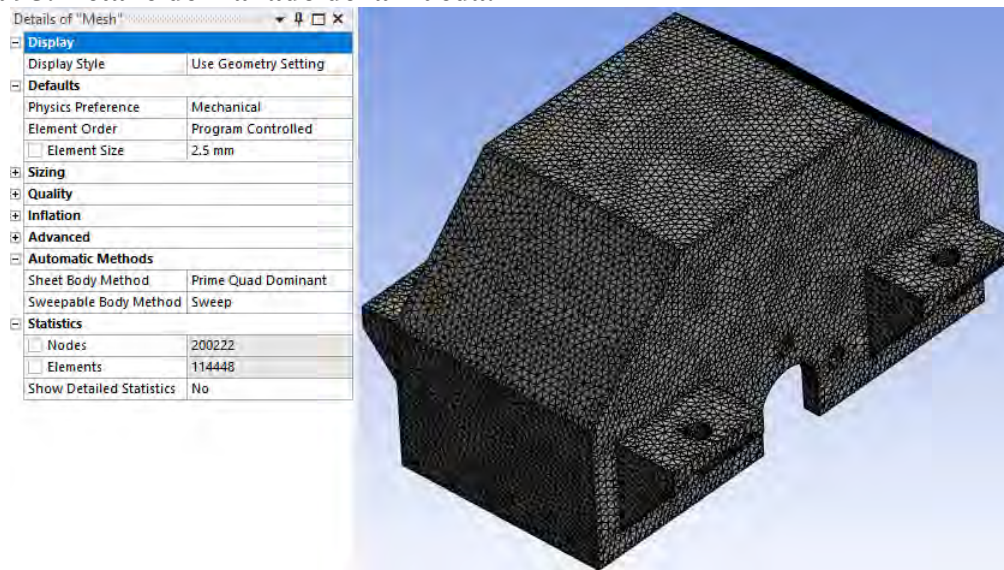
Figura 94. Carga aplicada a lo largo de la viga.

Nota: Elaboración propia.

5.4.2.1 Mallado Del Modelo

El modelo geométrico fue discretizado mediante un mallado que dividió la estructura en elementos finitos interconectados, seleccionando la densidad del mallado para equilibrar la precisión de los resultados y la eficiencia computacional, mejorando así la representación de esfuerzos y deformaciones.

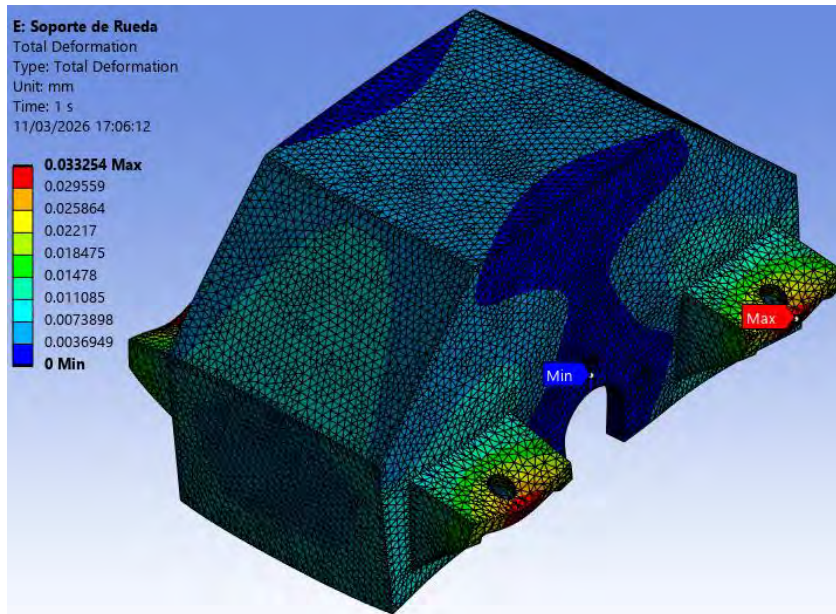
Figura 95. Detalle de mallado de la Rueda.



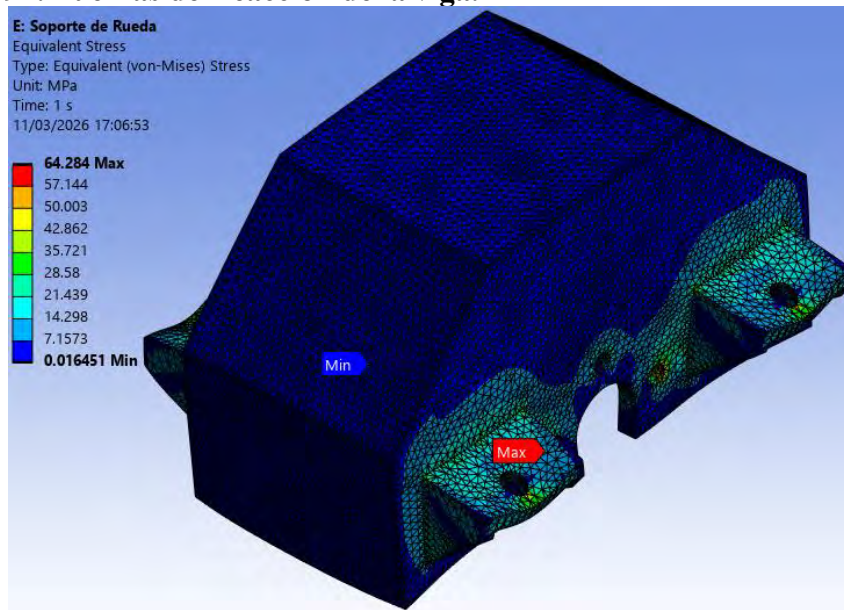
Nota: Elaboración propia.

5.4.3 Simulación Mediante FEM

Se llevó a cabo una simulación estructural utilizando el método de elementos finitos (FEM), considerando las cargas de la plataforma y los ladrillos. El análisis reveló la distribución de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos en la estructura, lo que permite evaluar el comportamiento mecánico del sistema y confirmar que los niveles de esfuerzo se mantienen dentro de los límites admisibles del material.

Figura 96. Deformación total.

Nota: Elaboración propia.

Figura 97. Fuerzas de Reacción de la viga.

Nota: Elaboración propia.

5.5 Cálculo de la Plataforma sobre rieles por Elementos Finitos

5.5.1 Definición de propiedades de sección y materiales

Una vez definida la geometría del modelo, se asignaron las propiedades de sección a cada componente estructural según los perfiles de diseño, estableciendo también las características mecánicas del acero estructural, como el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson y el límite de fluencia, lo que permite simular el comportamiento mecánico del material bajo las demandas aplicadas.

Figura 98. Propiedades del material de acero estructural ASTM A-36.

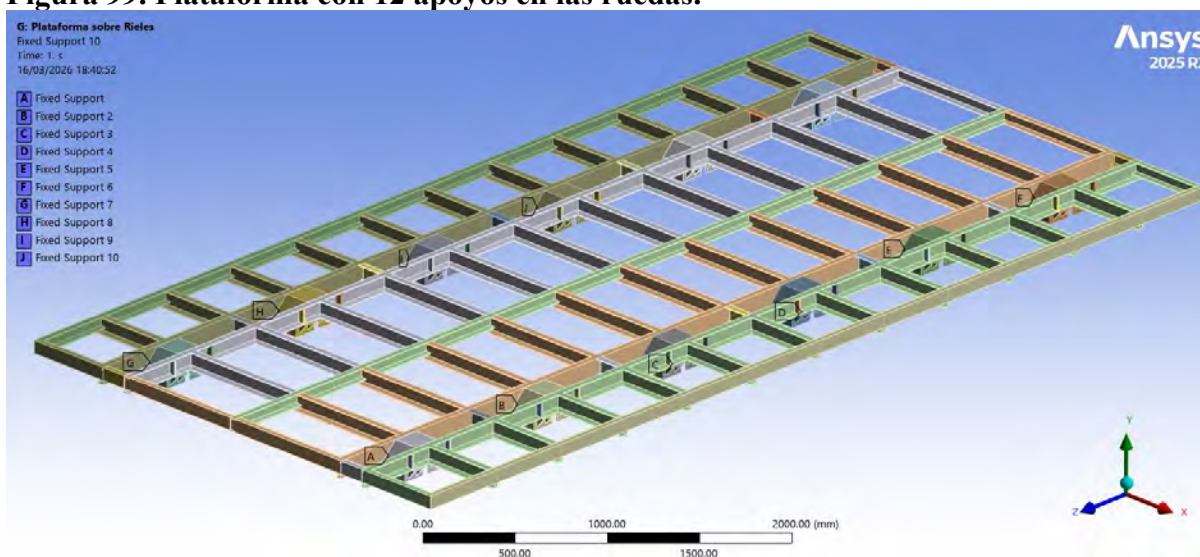
1	Contents of Engineering Data		Source	Description
3	Structural Steel			Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1

Properties of Outline Row 3: Structural Steel				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m ⁻³	
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
5	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C ⁻¹	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's ...		
8	Young's Modulus	200	GPa	
9	Poisson's Ratio	0.3		
10	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa	
11	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa	
12	Strain-Life Parameters			
20	S-N Curve	Tabular		
24	Tensile Yield Strength	250	MPa	
25	Compressive Yield Strength	250	MPa	
26	Tensile Ultimate Strength	460	MPa	

Nota: Elaboración propia.

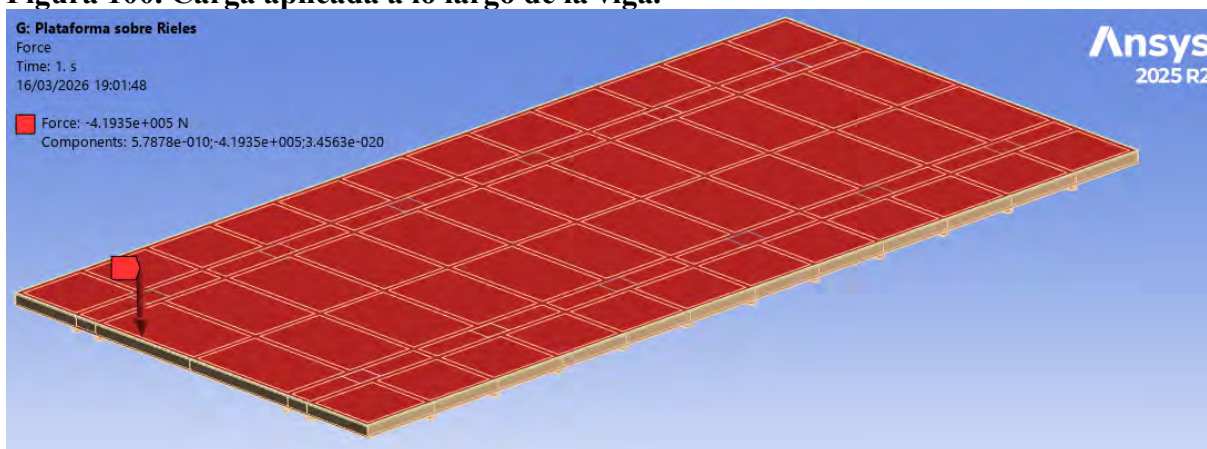
5.5.2 Condiciones de borde y cargas aplicadas

Figura 99. Plataforma con 12 apoyos en las ruedas.



Nota: Elaboración propia.

Figura 100. Carga aplicada a lo largo de la viga.

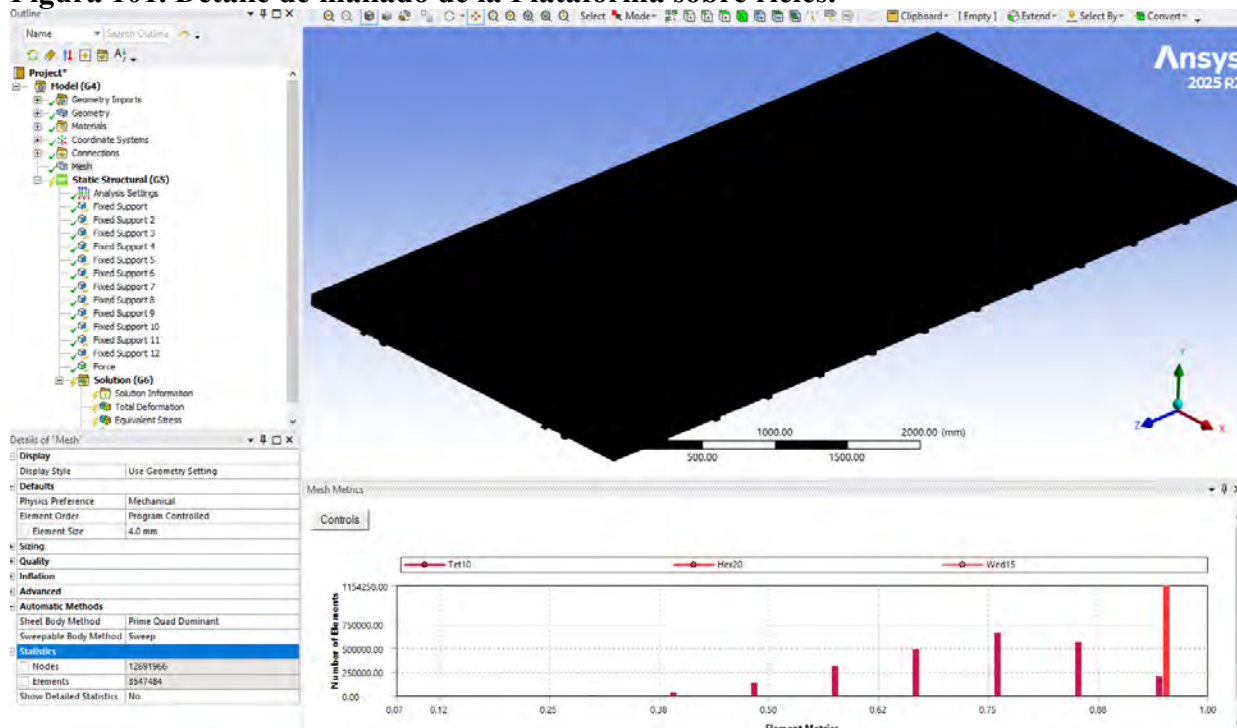


Nota: Elaboración propia.

5.5.2.1 Mallado Del Modelo

El modelo geométrico fue discretizado mediante mallado en elementos finitos, equilibrando la densidad del mallado para optimizar precisión y eficiencia computacional en la representación de esfuerzos y deformaciones.

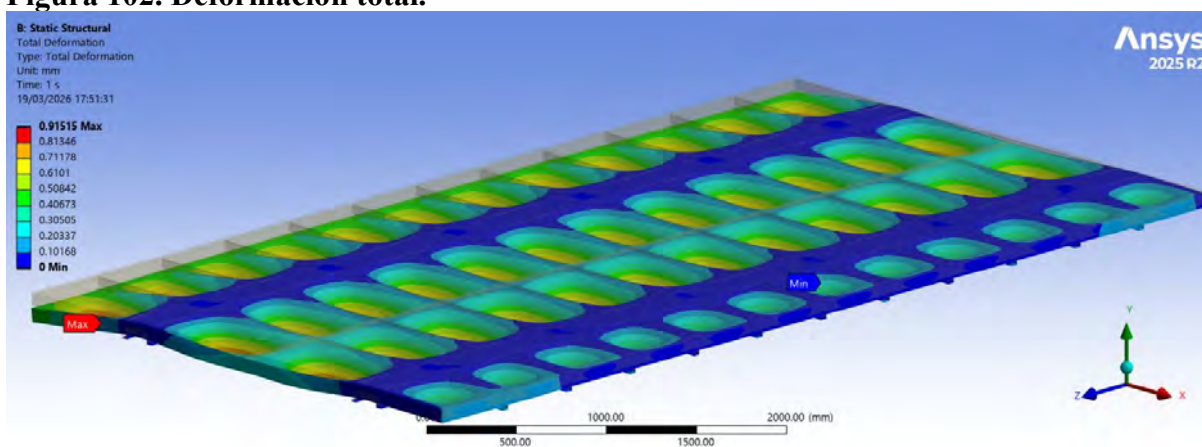
Figura 101. Detalle de mallado de la Plataforma sobre rieles.



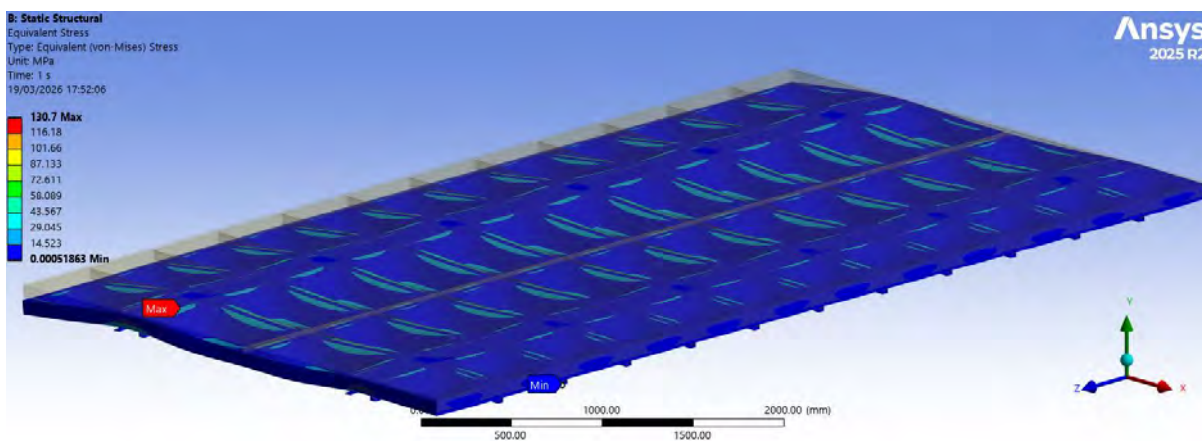
Nota: Elaboración propia.

5.5.3 Simulación Mediante FEM

La simulación estructural, realizada mediante el método de elementos finitos (FEM), analizó la estructura bajo las cargas de la plataforma y los ladrillos. Los resultados indicaron la distribución de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos, permitiendo evaluar el comportamiento mecánico del sistema y comprobar que los niveles de esfuerzo se mantengan dentro de los límites permitidos del material.

Figura 102. Deformación total.

Nota: Elaboración propia.

Figura 103. Esfuerzos en la plataforma.

Nota: Elaboración propia.

5.6 Resultados y Discusión

Tabla 17. Resultado de la viga transversal

PARAMETRO		C. ANALITICO	FEM (ANSYS)	VARIACION
Carga distribuida	P. Propio	$q_{propio} = 1.376 \frac{kN}{m}$		-
	P. Ladrillo	$q_{ladrillos} = 9.807 \frac{kN}{m}$		-
Momento referencial de inercia		$I = 54.972 \text{ cm}^4$	-	-
Sección transversal	C4 × 5.4 lb/ft	$I = 160.25 \text{ cm}^4$		-
Reacciones		$R_C = R_D = 14.374 \text{ kN}$ $R_B = R_E = 2.40 \text{ kN}$	$R_C = R_D = 14.78 \text{ kN}$ $R_B = R_E = 1.99 \text{ kN}$	2.82% 1.08%
momentos flectores máximo		$ M_{max} = 2.23 \text{ kN.m}$	$ M_{max} = 2.26 \text{ kN.m}$	1.34%
Fuerzas Cortantes		$ V_{max} = 9.06 \text{ kN}$	$ V_{max} = 9.17 \text{ kN}$	1.21%
Deflexión máxima	CMAA 70	$\gamma_{max} = 0.822 \text{ mm}$ $< 1.824 \text{ mm}$	-	-
Esfuerzo a la flexión		$\sigma_{max} = 70.692 \text{ MPa}$	-	-
Factor de Seguridad		$n = 2.652 > 1.8$	-	-

Nota: Elaboración propia.

Tabla 18. Resultado de la viga Principal

PARAMETRO		C. ANALITICO	FEM (ANSYS)	VARIACION
Carga máxima de la viga transversal		$F = 14.374 \text{ kN}$		-
Momento referencial de inercia		$I = 139.203 \text{ cm}^4$	-	-
Sección transversal	C4 × 5.4 lb/ft	$I = 160.25 \text{ cm}^4$		-
Reacciones		$R_A = R_L = 26.43 \text{ kN}$ $R_B = R_K = 28.121 \text{ kN}$ $R_C = R_J = 28.916 \text{ kN}$ $R_D = R_I = 28.703 \text{ kN}$ $R_E = R_H = 28.760 \text{ kN}$ $R_F = R_G = 28.746 \text{ kN}$	$R_A = R_L = 26.419 \text{ kN}$ $R_B = R_K = 28.146 \text{ kN}$ $R_C = R_J = 28.893 \text{ kN}$ $R_D = R_I = 28.713 \text{ kN}$ $R_E = R_H = 28.756 \text{ kN}$ $R_F = R_G = 28.746 \text{ kN}$	0.04% 0.09% 0.08% 0.03% 0.01% 0.0%
Momentos flectores máximo		$ M_{max} = 2.187 \text{ kN.m}$	$ M_{max} = 2.187 \text{ kN.m}$	0.0%
Fuerzas Cortantes		$ V_{max} = 7.68 \text{ kN}$	$ V_{max} = 7.67 \text{ kN}$	0.13%
Deflexión	CMAA 70	$\gamma_{max} = 0.741 \text{ mm}$ $< 1.126 \text{ mm}$	-	-
Esfuerzo a la flexión		$\sigma_{max} = 69.329 \text{ MPa}$	-	-
Factor de Seguridad		$n = 2.704 > 1.8$	-	-

Nota: Elaboración propia.

De los resultados del cálculo analítico y la simulación FEM con ANSYS, se realizó la comparación de estos resultados, como se puede observar en la Tabla 17 y Tabla 18, se determinó una variación máxima del 2.82%, lo que evidencia una alta concordancia entre ambos métodos de evaluación.

En el ítem 5.5, se realiza la simulación del sistema completo de la plataforma sobre rieles, de la evaluación se evidencia la deformación es mínima, y los esfuerzos no supera la capacidad del límite de fluencia del acero estructural.

Tabla 19. resultados de simulación del sistema de la plataforma

Parámetro	Valor	Unidad	Evaluación
Deflexión máxima	0.0915	mm	Muy baja (estructura rígida)
Esfuerzo máximo	130.7	MPa	Dentro del límite admisible
Factor de seguridad	1.913	—	Adecuado (> 1.8)

Nota: Elaboración propia.

Por lo tanto, se puede decir que el sistema de la plataforma tiene una estructura rígida y resistente, que satisface los estándares de seguridad y diseño preestablecidos. Un factor de seguridad de aproximadamente 2 valida la confiabilidad del sistema para ser utilizado en el proceso productivo, ya que brinda un margen apropiado frente a eventuales cambios en las condiciones de operación o en la carga.

CAPÍTULO VI: ESPECIFICACIONES TECNICAS

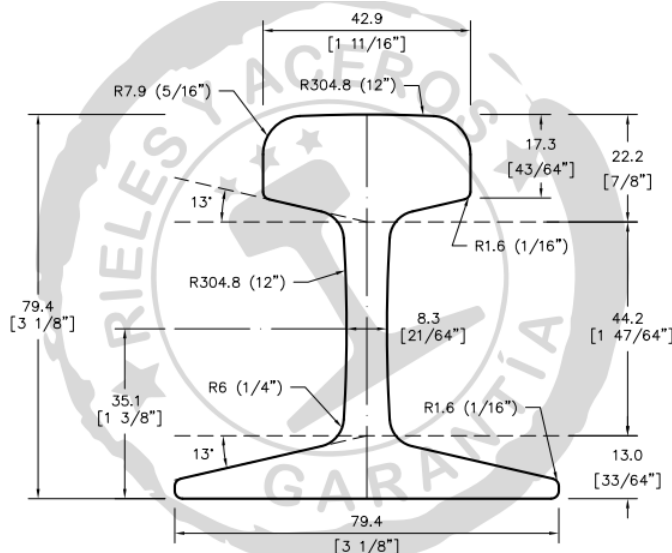
6.1 Especificaciones Técnicas De Materiales

6.1.1 Materiales del sistema de rieles

6.1.1.1 riel

Los vagones de transporte utilizan perfiles de acero laminado en caliente por sus adecuadas propiedades mecánicas, como resistencia a cargas dinámicas y rigidez estructural. Los rieles están fabricados con el perfil ASCE 30, cumpliendo las especificaciones de la norma ASCE de EE.UU., con un peso lineal de 14,88 kg/m y una longitud de 6 metros. Las dimensiones del perfil ASCE 30 se detallarán en un cuadro posterior.

Figura 104. Perfil americana Riel 30 lb-Yd - 55Q



Nota: Adaptado del catálogo de rieles y aceros (pág. 7).

Las características mecánicas de los perfiles incluyen una resistencia mínima a la tracción de 685 MPa y un alargamiento mínimo del 26% en una longitud de referencia de 50 mm.

6.1.1.2 Placa de asiento de riel

Las placas de asiento se fabricarán con acero laminado en caliente de 6,35 mm de espesor y llevarán elementos de tope de acero cuadrado de 13 mm de espesor, conforme a la norma ASTM A-36, siguiendo las dimensiones del plano MC-PT-110.

Tabla 20. Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36.

Prop. Mecánicas del acero ASTM A-36	
Límite de fluencia mínimo	250MPa
Resistencia a la tracción	400 - 550 MPa
Alargamiento en 200mm	20.00%

Nota: Adaptado del catálogo de productos y servicios de aceros Arequipa(p,13), 2023.

6.1.1.3 Sujeción de riel

El elemento de sujeción del riel se fabricará mediante fundición en acero al carbono, permitiendo geometrías complejas y buena integridad estructural. Tendrá un agujero superior de 10 mm para un perno de 3/8" (9.525 mm) de la placa de asiento, y sus dimensiones y tolerancias se especificarán en el plano MC-PT-110.

6.1.2 Materiales del conjunto rueda

6.1.2.1 Soporte de rueda

Los soportes de las ruedas serán de acero de espesor de 1/2", y los refuerzos laterales de 3/8" de espesor, conforme a la norma ASTM A-36, con dimensiones según el plano MC-PT-106.

Figura 105. Soporte de Rueda fabricado de acuerdo a plano MC-PT-106.



Nota: Elaboración propia.

6.1.2.2 Rueda

La rueda se fabricará en acero aleado bonificado con cromo y molibdeno (grado AISI 4140) con una resistencia de 770 N/mm² en estado recocido, según las dimensiones especificadas en el plano MC-PT-105 del ANEXO C.

Tabla 21. Propiedades mecánicas de acero AISI 4140

PROPIEDADES MECANICAS EN ESTADO BONIFICADO			
Límite de fluencia	Resistencia a la traccion	Elongacion (L=5d)% longitudinal	Estricción % mínimo
490	690 - 840	14	55

Nota: Adaptado del Manual de aceros especiales, Bohler Peru (p,49), 2025.

6.1.2.3 Eje

Los ejes se producen conforme a la norma AISI 4340 con un acero bonificado especial que incluye cromo, níquel y molibdeno, ofreciendo alta resistencia a la tracción, torsión y fluctuaciones de flexión, alcanzando 800 N/mm² en estado recocido. Bohler Perú provee el material crudo y realiza el tratamiento térmico para garantizar las propiedades mecánicas especificadas, siguiendo las dimensiones del plano MC-PT-107 en el ANEXO C.

Tabla 22. Propiedades mecánicas de acero AISI 4340

PROPIEDADES MECANICAS EN ESTADO BONIFICADO				
Límite de fluencia	Resistencia a la traccion	Elongacion (L=5d)% longitudinal	Estricción % mínimo	Resiliencia según DVM
N/mm ²	N/mm ²			Joule
785	980-1180	11	50	48

Nota: Adaptado del Manual de aceros especiales, Bohler Perú (p,48), 2025.

6.1.2.4 Rodamiento 30310 SKF

Los rodamientos de una sola hilera de rodillos cónicos están diseñados para soportar cargas radiales y axiales combinadas, asegurando una fricción excepcionalmente baja en funcionamiento.

Figura 106. Especificaciones técnicas de Rodamiento de Rodillos 30310.

DIMENSIONES				
Diámetro del agujero	Diámetro exterior	Ancho total	Ancho del aro interior	Ancho del aro exterior
50 mm	110 mm	29.25mm	27 mm	23 mm
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Peso neto del rodamiento	Capacidad de carga dinámica	Capacidad de carga estática	Velocidad de referencia	Velocidad limite
1.25 kg	154 kN	140 kN	5300 r/min	6300r/min

Nota: Adaptado del Catalogo SKF, Rodamiento de rodillos. de SKf, 2021

6.1.2.5 Arandela de fijación MB 10

Las arandelas MB son dispositivos de bloqueo que aseguran las tuercas de seguridad KM a un eje, impidiendo que se aflojen accidentalmente. Se debe utilizar una arandela de seguridad nueva en cada instalación de la tuerca.

Figura 107. Especificaciones técnicas de Arandela de Fijación MB10

	DIMENSIONES	
	Díametro del agujero	50mm
	Díametro exterior	74 mm
	Peso neto del producto	0.01 kg

Nota: Adaptado del Catalogo SKF, Arandela de Fijación. de SKf, 2021

6.1.2.6 Tuerca de fijación KM 10 SKF

Las tuercas de fijación tipo KM se utilizan en la industria para asegurar rodamientos en el eje, garantizando su posición axial y previniendo desplazamientos durante el funcionamiento de la maquinaria. Cuentan con roscas métricas y cuatro ranuras para llave inglesa, y deben ser fijadas con una arandela de fijación para evitar que se aflojen.

Figura 108. Especificaciones técnicas de Tuerca de Fijación KM 10.

	DIMENSIONES	
	Designación de la rosca	M50x1.5
	Diámetro del agujero	50mm
	Diámetro exterior	70mm
	Ancho	11mm
Peso neto del producto	0.15 kg	

Nota: Adaptado del Catalogo SKF, Tuerca de Fijación. de SKf, 2021

6.1.2.7 Sello radial 45x65x8 CRW1 V

Los sellos radiales del eje son utilizados entre componentes giratorios y fijos de la máquina. Los sellos CRW1 presentan una carcasa metálica, un labio de elastómero SKF WAVE

para disminuir la generación de calor y un muelle toroidal para mejorar el sellado contra el eje. Además, muchos de estos sellos tienen un recubrimiento SKF Bore Tite en el diámetro exterior, que ayuda a rellenar pequeñas imperfecciones en el agujero del soporte.

Figura 109. Especificaciones técnicas de 6.1.2.7 Sello radial 45x65x8 CRW1 V.

	DIMENSIONES	
	Diámetro del eje	45 mm
	Diámetro del agujero del soporte	65 mm
	Ancho del sello	8 mm
	RENDIMIENTO	
	Velocidad límite	10 200 rev/min
	Temperatura máxima de funcionamiento	200 °C
	Velocidad periférica permitida	24 m/s
	Peso neto del producto	0.021 kg

Nota: Adaptado del Catalogo SKF, Sello radial. de SKF, 2021

6.1.2.8 Tapa de rueda

Las tapas de las ruedas se producirán mediante torneado con acero según la norma ASTM A-36, adaptándose al plano MC-PT-108, lo que asegura un acabado superficial adecuado y una precisión dimensional para el correcto encaje con otros elementos del sistema.

6.1.2.9 Placa de tope

Las placas de tope se fabricarán en acero ASTM A-36, con un espesor de 1/2" y dimensiones de 110mm x 75mm, conforme al plano MC-PT-108 en el Anexo C.

Figura 110. Placa de tope del eje de rueda.



Nota: Elaboración Propia.

6.1.2.10 Punto de engrase

En la instalación del sistema de ruedas se incluirán engrasadores tipo recto con rosca NPT de 1/4" para permitir la lubricación de los rodamientos, reduciendo fricción y desgaste. Estos engrasadores estarán orientados hacia el interior de la plataforma para facilitar el mantenimiento, permitiendo realizar la lubricación desde la poza de mantenimiento de manera segura y eficiente sin interferir con la operación del sistema.

6.1.2.11 Grasa

Dado su rendimiento superior en condiciones de temperatura alta y funcionamiento constante, la grasa industrial SKF LGHP 2 se ha escogido para lubricar los rodamientos del sistema de rodadura de una plataforma sobre rieles. Esta grasa de poliurea ofrece características anticorrosivas, resistencia a la oxidación y estabilidad térmica con un rango de trabajo que va desde -40 °C hasta 150 °C. Para los rodamientos 30310, que soportan cargas mixtas, la selección de esta grasa es fundamental porque asegura una película lubricante estable, lo cual reduce el desgaste y extiende la vida útil de los componentes. Además, su resistencia superior al envejecimiento posibilita períodos de relubricación más largos y disminuye el mantenimiento, garantizando de esta manera una lubricación eficaz y duradera para que la plataforma funcione de manera segura.

Figura 111. Grasa LGHP 2/0.4 SKF



Nota: extraído del catálogo de SKF.

6.1.3 Materiales de la plataforma

6.1.3.1 Plataforma de 3.00m x 6.00m

La estructura de la plataforma se fabricará con perfiles C 4x5.4 y C 3x4.1, siguiendo la norma ASTM A-36, que especifica un límite de fluencia mínimo de 250 MPa, resistencia a la tracción de 400 a 550 MPa, y un alargamiento mínimo del 20 % en 200 mm. Las dimensiones se indican en el plano MC-PT-102.

Figura 112. Sección transversal del perfil C 3x4.1 y C4 × 5.4 lb/ft, de la viga

DESIGNACIÓN NOMINAL		ÁREA pulg. ²	BASE ALMA (A) pulg.	ALA (B) pulg.	ESPESOR NOMINAL (mm)	
pulg.	lb/pie				ALA (t_w)	BASE/ALMA (t_f)
3"	4.10	1.21	3.00	1.41	6.93	4.32
4"	5.40	1.59	4.00	1.58	7.52	8.15

Nota: Adaptado del catálogo de productos y servicios de aceros Arequipa(p,13), 2023.

6.1.4 Materiales para el aislamiento

6.1.4.1 Plancha de acero (t=4.00mm)

Las planchas de acero laminado en caliente tendrán dimensiones de 2,40 m x 1,20 m y 2.4m x 0.6m, buscando minimizar residuos y optimizar procesos de corte y producción. Deben cumplir con la norma ASTM A36 y tener un espesor de 4mm, conforme a MC-PT-109.

Figura 113. Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36.

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Límite de fluencia mínimo	250MPa
Resistencia a la tracción	400 - 550 Mpa
Alargamiento en 200mm	20.00%

Nota: Adaptado del catálogo de productos y servicios de aceros Arequipa(p,16), 2023.

6.1.4.2 Ladrillo super King-kong

Se utilizarán unidades de ladrillo super King-Kong de 18 huecos, con un 30% de vacíos, para el aislamiento térmico. Los ladrillos SKK se colocarán en una configuración de 10×30 unidades, con dimensiones de $9 \times 14 \times 24 \text{ cm}^3$, cumpliendo con las especificaciones técnicas estándar.

6.1.4.3 Manta de fibra cerámica

La manta de fibra cerámica es un aislamiento para el horno Paulista, soportando temperaturas de hasta $1260 \text{ }^\circ\text{C}$ sin perder su integridad. Es resistente a hongos y bacterias, y su volumen total es de $2,33 \text{ m}^3$, según el plano MC-PT-109

Figura 114. Rollo de Manta de Fibra Cerámica.



Nota: Adaptado de la ficha técnica de Aisla Perú, 2025.

Tabla 23. Datos técnicos de Manta de Fibra Cerámica.

DATOS TECNICOS	MEDIDA
Temperatura máxima ($^\circ\text{C}$)	1260
Temperatura de trabajo ($^\circ\text{C}$)	1000
Densidad (kg/m^3)	128
Resistencia a la tracción (MPa)	0.03

Nota: Adaptado de la ficha técnica de Aisla Perú, 2025.

6.1.4.4 Ladrillo bloquer

Los ladrillos tipo bloquer, con dimensiones de 12 x 20 x 30 cm³ por unidad, serán dispuestos en una configuración de 10 x 100 unidades. Estos elementos se emplearán como refuerzo del sistema de aislamiento térmico.

6.1.4.5 Mortero de arcilla refractaria

Para el revestimiento se empleará un mortero de arcilla refractaria, aplicado con un espesor uniforme de 25 mm, el cual actuará como barrera térmica, mejorando la resistencia a altas temperaturas y reduciendo la transferencia de calor.

6.1.5 Accesorios de fijación

6.1.5.1 Perno expansivo de fijación de la placa de asiento de riel

Los pernos ASTM A325 son elementos de alta resistencia utilizados en conexiones estructurales de acero, ideales para aplicaciones como el anclaje de asientos de riel. Se emplearán pernos expansivos de 3/4"-10 UNC × 4", galvanizados según la norma. El sistema de fijación contará con una arandela plana y una de presión de 3/4" para distribuir cargas y prevenir aflojamientos por vibración, además de una tuerca hexagonal tipo HNUT de 3/4"-10 UNC para asegurar un acoplamiento estable.

Tabla 24. Perno Expansivo de 3/4"x4"



ESPECIFICACIONES			
metro	torque (Nm)	Carga de tracción (kN)	Carga de trabajo (kN)
3/4"	200.0	120.0	102.3

6.1.5.2 Perno hexagonal

El perno hexagonal, conforme a la norma ASTM A325, es fundamental en aplicaciones estructurales que requieren uniones robustas. Este perno, hecho de acero de alta calidad y galvanizado, ofrece resistencia a la corrosión y durabilidad. Se utilizarán pernos hexagonales de diferentes tamaños para varias conexiones en la plataforma: 1/2"-13 UNC x 1 1/8" para la unión entre la placa de tope y el soporte de la rueda de carga; 1/4" a 20 UNC x 1/2" para sujetar la tapa de la rueda; y 5/8"-11 UNC x 1 5/8" para unir el riel a la placa de asiento.

Figura 115. Perno estructural ASTM A-325



6.1.5.3 Arandela de presión

Las arandelas de presión son elementos de fijación que aseguran conexiones estables y evitan aflojamientos por dinámicas y vibraciones. Se utilizarán en la plataforma sobre rieles en tres dimensiones: 3/8", 5/8" y 3/4", según los diámetros de los pernos de cada unión.

Figura 116. Arandela de Presión



6.1.5.4 Arandela plana

La arandela plana es un elemento de sujeción utilizado en uniones atornilladas, cuyo propósito es distribuir uniformemente la carga de la cabeza del perno o la tuerca. Se emplean arandelas planas en dimensiones de 1/2", 5/8" y 3/4", según los diámetros de los pernos correspondientes.

Figura 117. Arandela Normal



6.1.5.5 Tuerca de fijación

Las tuercas de fijación tipo HNUT son idóneas para aplicaciones prolongadas, ya que mantienen la integridad de las uniones atornilladas. Se recomiendan junto a arandelas de seguridad para prevenir el aflojamiento, y deben ser galvanizadas junto con los pernos hexagonales para mejorar la resistencia a la corrosión. Para el ensamblaje de la plataforma se utilizarán tres tipos de tuercas HNUT, seleccionadas según las dimensiones y especificaciones de rosca de los pernos: 3/4"-10 UNC, 3/8"-16 UNC y 5/8"-16 UNC, asegurando un acoplamiento adecuado y correcta transmisión de cargas.

Figura 118. Tuerca Estructural.



6.1.6 Soldaduras y consumibles

Los consumibles de soldadura y herramientas abrasivas que cumplen con estándares industriales, garantizando la calidad de las uniones y el adecuado acondicionamiento superficial de los elementos estructurales.

6.1.6.1 Consumibles de soldadura

Se utilizaron electrodos revestidos tipo E7018 en diámetros de 1/8", 3/32" y 4.0 mm para las uniones estructurales, debido a su bajo contenido de hidrógeno difusible que minimiza el riesgo de fisuración en frío. Estos electrodos ofrecen una resistencia mecánica mínima de 70 ksi, adecuada para aceros estructurales utilizados en la plataforma.

Figura 119. Electrodo 7018 – 4.00 mm de Soldexa



Los electrodos E7018 son adecuados para obtener soldaduras con buena penetración, ductilidad y tenacidad, recomendados para uniones con cargas dinámicas. Son apropiados en la fabricación del soporte de rueda y en la estructura de la plataforma, compuesta por perfiles tipo canal U y rigidizadores.

6.1.6.2 Consumibles abrasivos y herramientas de preparación

Para las operaciones de corte, desbaste y acondicionamiento superficial se emplearon discos abrasivos de 4.5" y 7", que ofrecen alta resistencia mecánica y estabilidad, permitiendo un trabajo eficiente en la preparación de bordes y el acabado de superficies.

Figura 120. Discos de Desbaste y de Corte de 4½" y 7".



Se utilizaron discos de corte de 14" en tronzadoras para el corte de perfiles estructurales, asegurando precisión y rapidez en la fabricación. Para la limpieza de superficies y eliminación de óxido, se emplearon escobillas metálicas tipo copa de 3" en esmeriles angulares.

Figura 121. Escobilla de Copa de 3"



6.1.6.3 Normas aplicables

Se llevó a cabo el proceso de soldadura de acuerdo con la norma AWS D1.1, que fija condiciones técnicas para la realización, inspección y aprobación de soldaduras en estructuras de acero, asegurando así la calidad, seguridad e integridad de las uniones.

6.1.7 Revestimientos y protección superficial

La protección de componentes metálicos es crucial para prevenir la corrosión y prolongar su vida útil. Se realizó una limpieza de superficies metálicas para eliminar contaminantes como óxido, grasa y polvo, utilizando técnicas mecánicas y químicos. Se aplicó un imprimante anticorrosivo que actúa como barrera contra la oxidación y mejora la adherencia de la pintura. Finalmente, se añadió una capa de esmalte industrial que proporciona protección adicional y mejora la apariencia, respetando los requisitos de espesor para asegurar uniformidad y cobertura.

Figura 122, Disolvente, Base Zicromato y Esmalte para Recubrimiento superficial.



6.2 Especificaciones Técnicas De Fabricación

6.2.1 Presupuesto y Cronograma del Proyecto

El proyecto de construcción de la plataforma sobre rieles requirió calcular recursos financieros y elaborar un cronograma, con el objetivo de garantizar su viabilidad técnica y una implementación eficaz. Se estableció un presupuesto de referencia que tiene en cuenta los

materiales, equipos y la mano de obra, además de un calendario que regula el proceso de construcción, en el Anexo D, se detalla el presupuesto, el análisis de costos unitarios, la lista de insumos, metrados, cronograma de proyecto y el calendario valorizado.

6.2.1.1 Resumen general del presupuesto

La tabla resumen del presupuesto de la plataforma sobre rieles abarca todos los gastos de montaje y fabricación, incluyendo materiales, mano de obra y equipos. Estimados en función de los metros y los costos del mercado, tienen en cuenta la mano de obra calificada en fases como soldadura, corte, montaje y mecanizado. Esta herramienta es fundamental para analizar la economía del proyecto, ya que permite identificar elementos clave en el costo total y contribuir a la toma de decisiones con el propósito de maximizar los recursos y conservar la calidad y seguridad.

Tabla 25. Resumen del Presupuesto del Proyecto.

<i>EMPRESA LADRILLERA LATESAN</i>		<i>TESISTAS: JAMQ - MMA</i>	
<i>Resumen del Presupuesto</i>			
<i>Proyecto</i>	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO		
<i>Cliente</i>	EMPRESA LADRILLERA LATESAN		
<i>Departamento</i>	CUSCO		
<i>Provincia</i>	CUSCO		
<i>Distrito</i>	SAN JERONIMO		<i>Costo a:</i> Febrero - 2025
<i>Ítem</i>	<i>Descripción Sub presupuesto</i>	<i>Costo Directo</i>	
1	PLATAFORMA SOBRE RIELES	143,175.35	
	SUB TOTAL COSTO DIRECTO	143,175.35	
	Mano de Obra	13,739.34	
	Materiales	125,699.66	
	Equipo	3,736.35	
	COSTO DIRECTO	143,175.35	
	GASTOS GENERALES	10%	14,317.54
	PRESUPUESTO TOTAL	157,492.89	
<i>Son: CIENTO CINCUENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y DOS CON 89/100 SOLES</i>			

Nota: Elaboración Propia.

La tabla de metros cuantifica los componentes e insumos requeridos ensamblar la plataforma sobre rieles, tomando como referencia los planos y las dimensiones de cada parte. Los valores se determinan utilizando criterios técnicos de optimización, disminuyendo los desperdicios y garantizando que el proyecto sea económicamente viable.

Tabla 26. Plantilla de sustento de Metrados.

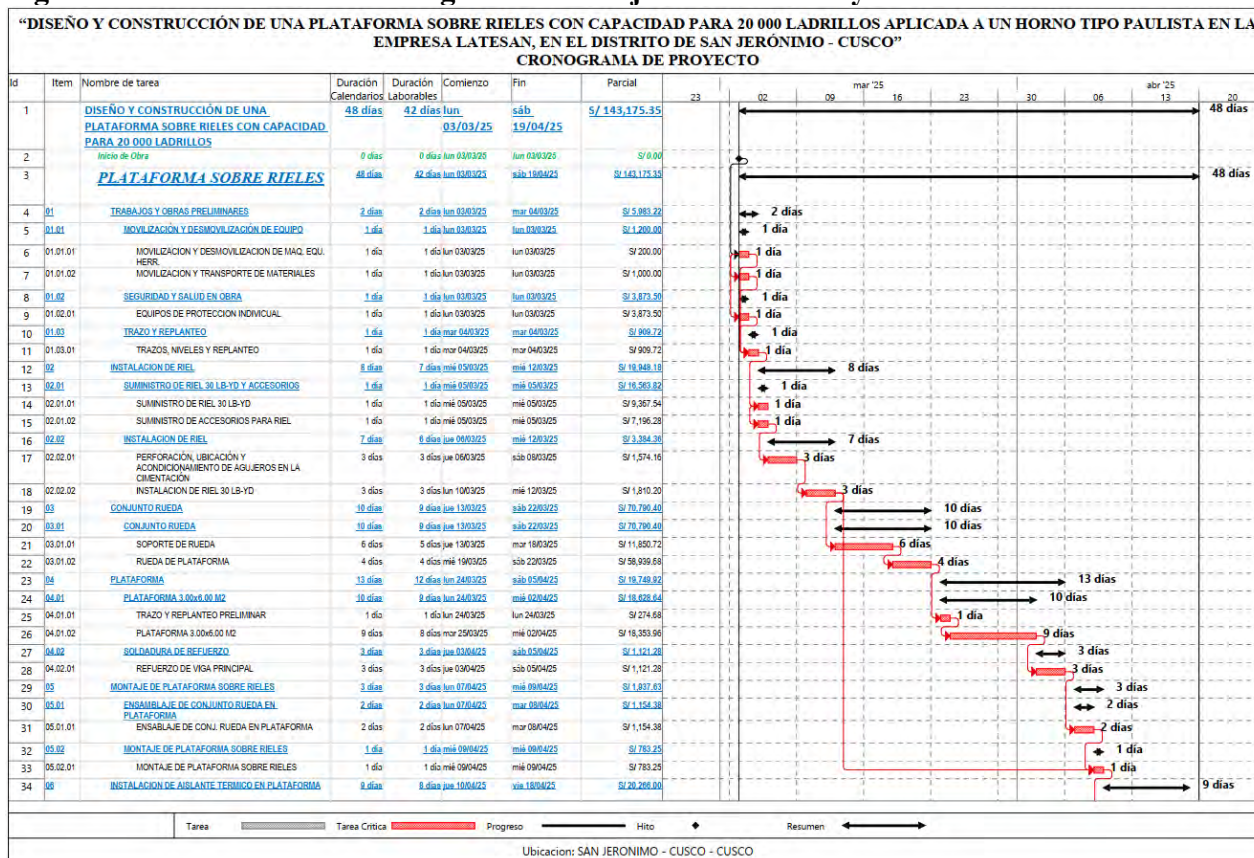
<i>EMPRESA LADRILLERA LATESAN</i>			
<i>Planilla de Sustento de Metrados</i>			
<i>Proyecto</i>	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO		
<i>Sub Presupuesto</i>	01 - PLATAFORMA SOBRE RIELES		
<i>Ciente</i>	EMPRESA LADRILLERA LATESAN		
<i>Ubicación</i>	SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO		
Partida	01.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQ. EQU. HERR.	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	01.01.02	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	01.02.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	01.03.01	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	<i>Total :</i> 126.00 M2
Partida	02.01.01	SUMINISTRO DE RIEL 30 LB-YD	<i>Total :</i> 14.00 PZA
Partida	02.01.02	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA RIEL	<i>Total :</i> 84.00 M
Partida	02.02.01	PERFORACIÓN, UBICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AGUJEROS EN LA CIMENTACIÓ	<i>Total :</i> 168.00 UND
Partida	02.02.02	INSTALACION DE RIEL 30 LB-YD	<i>Total :</i> 84.00 M
Partida	03.01.01	SOPORTE DE RUEDA	<i>Total :</i> 48.00 UND
Partida	03.01.02	RUEDA DE PLATAFORMA	<i>Total :</i> 48.00 UND
Partida	04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	<i>Total :</i> 126.00 M2
Partida	04.01.02	PLATAFORMA 3.00x6.00 M2	<i>Total :</i> 4.00 UND
Partida	04.02.01	REFUERZO DE VIGA PRINCIPAL	<i>Total :</i> 192.00 UND
Partida	05.01.01	ENSABLAJE DE CONJ. RUEDA EN PLATAFORMA	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	05.02.01	MONTAJE DE PLATAFORMA SOBRE RIELES	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	06.01.01	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	06.02.01	INSTALACION DE PLANCHA 4MM	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	06.02.02	ARMADO DE LADRILLO SKK 9x14x24CM3	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	06.02.03	ARMADO DE LADRILLO BLOQUER 12x20x30CM3	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	06.02.04	APLICACION DE MORTERO DE ARCILLA REFRACTARIA	<i>Total :</i> 72.00 M2
Partida	06.02.05	MONTAJE DE MANTA DE FIBRA CERAMICA	<i>Total :</i> 1.00 GLB
Partida	07.01.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	<i>Total :</i> 1.00 GLB

Nota: Elaboración Propia.

6.2.1.2 Cronograma del proyecto

El cronograma se elaboró considerando la secuencia lógica de actividades del proceso de fabricación y montaje:

Figura 123. Resumen del Cronograma de la Ejecución del Proyecto



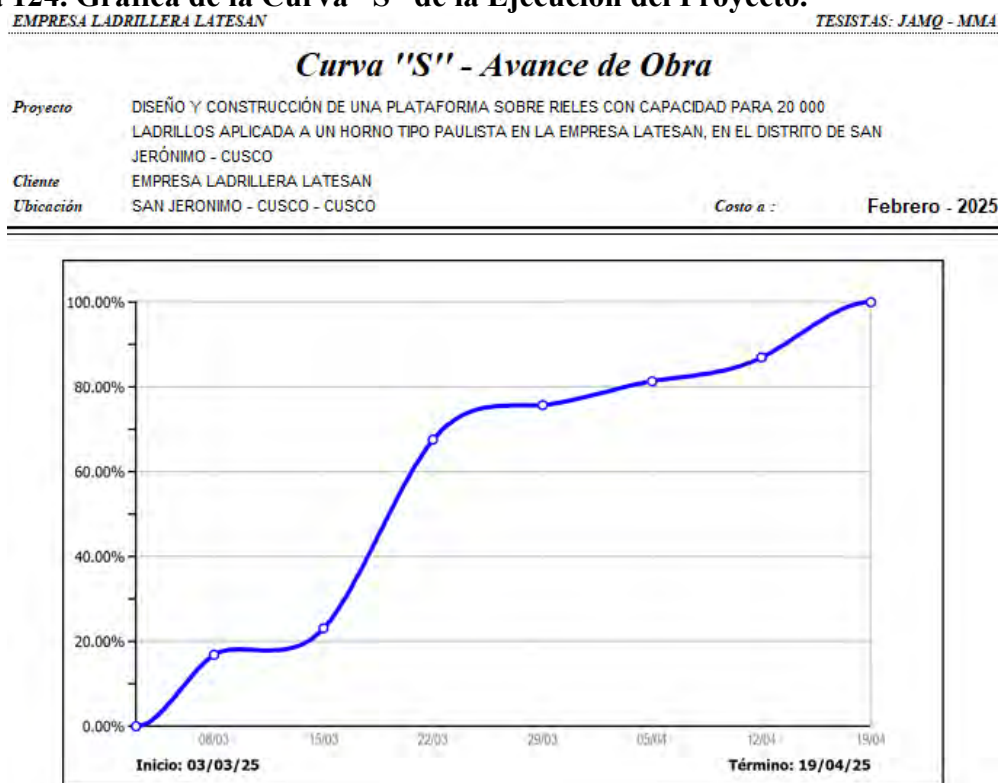
Nota: Elaboración Propia.

El cronograma del proyecto se realizará secuencialmente, comenzando con la adquisición de materiales y la fabricación de componentes principales, como la estructura y los soportes de rueda. Las actividades críticas, que incluyen la fabricación estructural y el ensamblaje y montaje final. La duración total del proyecto es de aproximadamente 7 semanas, considerando jornadas laborales normales y la disponibilidad de recursos, ya que estas actividades afectan directamente la continuidad del proceso.

6.2.1.3 Curva S – Avance de Proyecto

La curva S muestra la evolución acumulada de los costos del proyecto a lo largo del tiempo, visualizando el gasto en las etapas de fabricación y montaje de la plataforma sobre rieles. Esta herramienta integra el cronograma de actividades con el presupuesto, facilitando el control del avance físico-financiero del proyecto.

Figura 124. Grafica de la Curva “S” de la Ejecución del Proyecto.



Nota: Elaboración Propia.

En la etapa inicial, la curva muestra un crecimiento gradual por la adquisición de materiales y preparación de recursos. Se observe un incremento durante la fase de fabricación y ensamblaje, donde se concentran la mayoría de los costos de mano de obra y consumibles. En la etapa de montaje, acabados y pruebas, el crecimiento se estabiliza al costo total del proyecto.

Tabla 27. Avance Programa por Semana.

N	Fecha Corte	Avance Programado
	03/Mar	0.00%
1	08/Mar	16.85%
2	15/Mar	23.08%
3	22/Mar	67.56%
4	29/Mar	75.76%
5	05/Abr	81.35%
6	12/Abr	86.94%
7	19/Abr	100.00%

Nota: Elaboración Propia.

El análisis de la curva S identifica etapas críticas de inversión, evalúa desviaciones y permite decisiones para optimizar recursos. Se garantiza el control económico y ejecución eficiente del proyecto.

6.2.2 Planos de Fabricación

Con el objetivo de garantizar una interpretación y ejecución adecuadas del proceso de fabricación, se expone el esquema de planos empleados en la elaboración del proyecto. Estos planos incorporan los datos dimensionales, geográficos y de ensamblaje requeridos para la construcción de los diversos componentes de la plataforma sobre rieles.

Tabla 28. Lista de Planos para la Fabricación de la Plataforma sobre rieles.

Ítem	Código de Plano	Descripción del Plano	Anexo
1	MC-PT-001	Plano de horno ladrillero tipo paulista (Existente)	C.1
2	MC-PT-002	Plano de horno ladrillero tipo paulista con cimentación para la plataforma	C.2
3	MC-PT-100	Plano general del proyecto de plataforma sobre rieles	C.3
4	MC-PT-101	Plano de Explosión del proyecto de plataforma sobre rieles	C.4
5	MC-PT-102	Plano de la Estructura del Bastidor de la plataforma	C.5
6	MC-PT-103	Ensamble del Conjunto Rueda	C.6
7	MC-PT-104	Plano de Explosión del Ensamble del Conjunto Rueda	C.7
8	MC-PT-105	Plano de Detalle de la Rueda	C.8
9	MC-PT-106	Plano de Detalle del Soporte de Rueda	C.9
10	MC-PT-107	Plano de Detalle del Eje	C.10
11	MC-PT-108	Plano de Tapa de Rueda y Placa de Tope	C.11
12	MC-PT-109	Plano de Conjunto de Aislamiento Térmico	C.12
13	MC-PT-110	Plano de detalles de Instalación de Riel	C.13

Nota: Elaboración Propia.

Los planos descritos constituyen la base técnica para la fabricación y montaje del sistema, permitiendo asegurar la correcta ejecución de los procesos, así como el cumplimiento de las tolerancias y especificaciones de diseño establecidas.

6.2.3 Procesos de instalación de riel

6.2.3.1 Fabricación de placa de asiento de riel

El proceso de producción de placas de asiento de riel utiliza planchas de acero de 6,35 mm de espesor, cortadas a dimensiones de 200 mm × 50 mm mediante un perfil platino de 2"x1/4"x6.00mm. Cada placa incluye cuatro topes de perfil eje cuadrado de 1/2" (12,7 mm), cortados a 20 mm × 12,7 mm y un perno de 3/8" fijado por soldadura para asegurar el riel. Los topes se soldarán a la placa usando el electrodo E7018 de 3/32", siguiendo el plano MC-PT-110,

que también especifica los agujeros para pernos expansivos de 3/4" según las posiciones y tolerancias indicadas.

6.2.3.2 Instalación de pernos expansivos

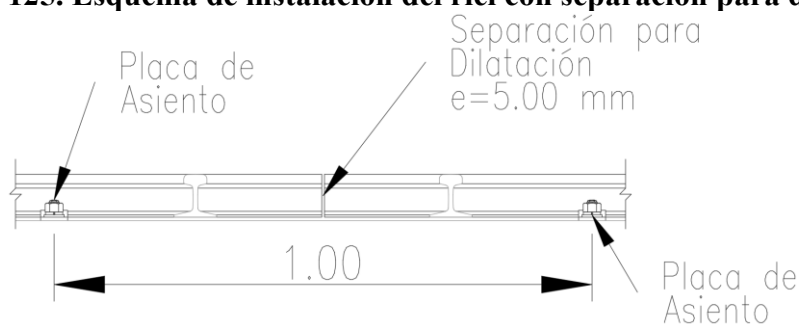
Después de verificar la resistencia del concreto, se limpiará la superficie para quitar polvo y grasa. Se marcarán los puntos de perforación, separando 1 m entre pernos. La perforación se realizará con taladro percutor y broca diamantada de 3/4" hasta una profundidad de 4". Luego, se limpiará el orificio con aire comprimido antes de insertar el perno expansivo, asegurando su alineación y evitando dañar la rosca con golpes suaves si es necesario.

6.2.3.3 Montaje de riel

Una vez instalados los pernos expansivos, se procederá con el montaje de los rieles. Para el ajuste de las uniones, se deberán considerar los valores de torque establecidos para pernos conforme a la norma ASTM A325. En particular, para pernos de 3/4" de diámetro, el ajuste de la tuerca se realizará utilizando una herramienta adecuada, preferentemente una llave dinamométrica, aplicando un torque comprendido entre 438 y 531 lb·ft. Este procedimiento garantiza la correcta expansión del anclaje y una fijación segura del sistema.

En la instalación de los rieles se debe considerar una separación en las uniones para permitir la dilatación térmica del acero. Para rieles de 6 m expuestos a altas temperaturas (hasta ~30 °C), se recomienda una holgura aproximada de 5 mm, calculada en función del coeficiente de dilatación del material.

Figura 125. Esquema de instalación del riel con separación para dilatación.



Nota: Elaboración propia.

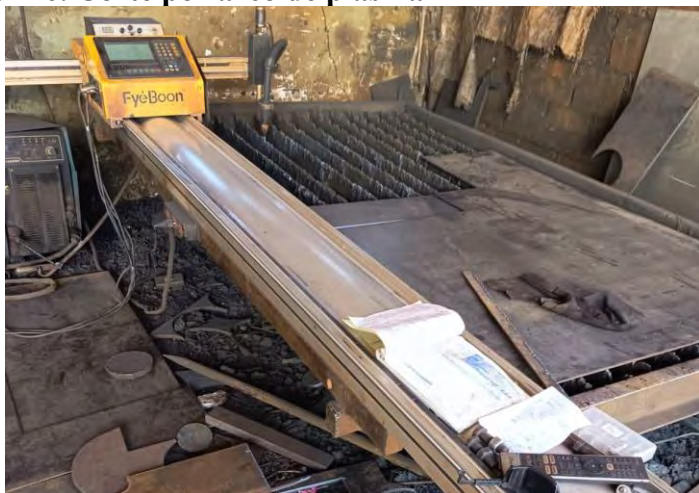
Esta separación evita esfuerzos de compresión, deformaciones y desalineaciones en los rieles, garantizando un desplazamiento seguro y continuo de la plataforma, así como una mayor vida útil del sistema.

6.2.4 Procesos de fabricación del conjunto rueda

6.2.4.1 Fabricación soporte de rueda

Corte plasma: El soporte de rueda se fabricará con planchas de acero de 1/2" de grosor utilizando corte por plasma para asegurar precisión y calidad. Asimismo, el componente de respaldo se realizará con planchas de acero de 3/8". Las dimensiones y tolerancias seguirán el plano MC-PT-106 del Anexo C.

Figura 126. Corte por arco de plasma



Nota: Elaboración Propia.

Preparación de superficie: La limpieza superficial utilizará una amoladora angular con un cepillo de alambre trenzado de 3", para eliminar óxidos y contaminantes. Además, se debe considerar el biselado para mejorar la penetración del metal de aporte.

Figura 127. Limpieza con Amoladora y cepillo de alambre trenzado de 3".



Nota: Elaboración Propia.

Enroscado: Se realizará el enroscado interno en los orificios de fijación de las placas de tope utilizando machos de rosca, creando roscas tipo 1/2"-13 UNC. Esto facilitará el acoplamiento y la fijación con pernos hexagonales de 1/2"-13 UNC x 1 1/8".

Figura 128. Enroscado de la plancha con Macho de roscar de 1/2"-13UNC



Nota: Elaboración Propia.

Armado: Con el apoyo de escuadras magnéticas, se procedió a la alineación y fijación provisional de las piezas mediante soldadura por punteo con arco eléctrico, conforme a la posición especificada en el plano MC-PT-106.

Figura 129. Armado del soporte de rueda



Nota: Elaboración Propia.

Del mismo modo se hizo los trazos de acuerdo al plano MC-PT-106 para la fijación de los alerones que soportan la rueda.

Figura 130. Armador de los alerones del soporte de rueda.



Nota: Elaboración Propia.

Soldadura: Se realizó la fijación definitiva de las piezas a través de soldadura por arco eléctrico manual (SMAW) con electrodos E7018 de 1/8". En el soporte de rueda, se usaron cordones de filete en uniones entre placas y refuerzos para una correcta transmisión de cargas, y cordones de ranura en uniones que requieren continuidad estructural, asegurando adecuada penetración con múltiples pasos.

Figura 131. Proceso de Limpieza y biselado para la Soldadura de Soporte de Rueda.



Nota: Elaboración Propia.

Durante la ejecución se utilizaron corrientes de 90 a 130 A y polaridad positiva, aplicando una soldadura alternada y simétrica para evitar deformaciones. Se mantuvo un arco estable y se limpió la escoria entre pases. Se inspeccionaron visualmente el 100% de las uniones para verificar continuidad y uniformidad, recomendando ensayos no destructivos en zonas críticas para asegurar la integridad estructural.

Figura 132. Proceso de Soldadura del Soporte de rueda.



Nota: Elaboración Propia.

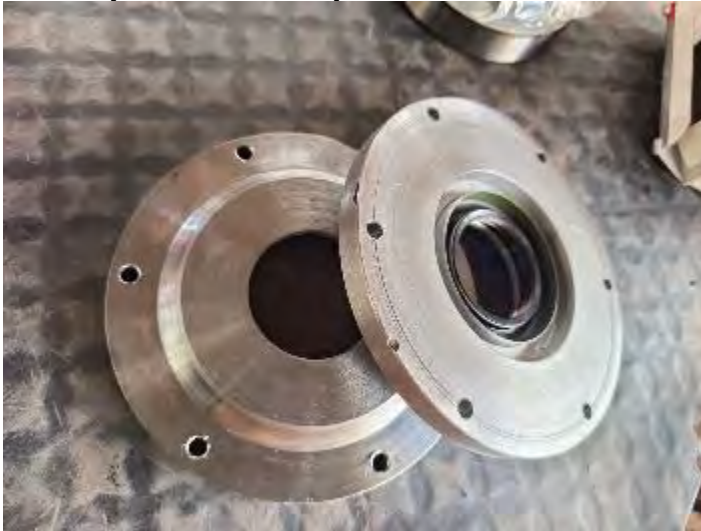
6.2.4.2 Fabricación de eje

El eje fue fabricado mediante el proceso de torneado, a partir de una barra base de 2 1/4" de diámetro y 200 mm de longitud, en acero AISI 4340 en condición bonificada (H), con un peso aproximado de 2,7 kg. Las dimensiones y tolerancias correspondientes se establecen conforme a lo especificado en el plano MC-PT-107.

6.2.4.3 Fabricación de tapa de rueda

La tapa de rueda protege los componentes del sistema de rodadura, incluyendo los rodamientos 30310 y sellos radiales, al retener lubricantes y previene la contaminación externa. Fabricada por torneado en acero de 25 mm de espesor y 160 mm de diámetro, se obtiene un grosor final de 21 mm y diámetro exterior de 150 mm con tolerancias de $\pm 0,1$ mm y $\pm 0,05$ mm. Se garantiza una concentricidad de $< 0,05$ mm y un acabado superficial de Ra 3,2-6,3 μm . Se mecanizan seis orificios de 1/4" con tolerancia H13 para su fijación con pernos 1/4"-20 UNC x 1 5/8", facilitando el montaje y mantenimiento. Se sugiere revisar el plano MC-PT-108 para mayor precisión.

Figura 133. Tapa de Rueda después de Torneado.



Nota: Elaboración Propia.

6.2.4.4 Fabricación de placa de tope

La placa de tope cumple la función de restringir el movimiento relativo del eje, asegurando su posicionamiento y evitando su rotación dentro del soporte de rueda, lo cual permite la correcta fijación del conjunto a la plataforma. Este elemento incorpora un orificio principal con geometría no circular tipo media luna, diseñado específicamente para acoplarse con el eje de igual configuración, generando un sistema de bloqueo mecánico por forma que impide el giro y garantiza la transmisión adecuada de esfuerzos sin deslizamientos. Asimismo, dispone de tres orificios adicionales destinados a la fijación mediante pernos, asegurando la inmovilización del conjunto bajo condiciones de carga.

La fabricación de la placa de tope se lleva a cabo a través del corte por plasma CNC, comenzando con una chapa de acero de 1/2" de espesor, resultando en dimensiones finales de 110×75 mm en consonancia con el plano MC-PT-108. Este procedimiento posibilita una precisión dimensional de ± 0.5 mm, apropiada para este tipo de componente estructural. El orificio principal en forma de media luna se ejecuta directamente durante el corte, asegurando la

correspondencia geométrica con el eje, mientras que los tres orificios de fijación de $\varnothing 14$ mm, destinados a pernos de 1/2, permitiendo un ajuste con holgura para facilitar el montaje.

Finalmente, se realiza la verificación dimensional y geométrica del componente, garantizando la correcta alineación, funcionalidad y acoplamiento dentro del sistema de soporte de rueda.

Figura 134. Placa de Tope después de corte en Plasma.



Nota: Elaboración Propia.

6.2.4.5 Ensamble del conjunto rueda

El primer paso del proceso de ensamblaje de la rueda es la colocación del rodamiento SKF 30310 en el alojamiento mecanizado de la rueda, se aplicó el montaje en frío aplicando la fuerza siempre sobre el anillo. Este procedimiento supone alinear adecuadamente el soporte con el eje de la rueda y utilizar técnicas de ensamblaje que prevengan daños en las pistas y en los componentes rodantes, para así asegurar una transmisión ideal de cargas radiales y axiales. Posteriormente, se realizó el montaje del eje en el diámetro interior del rodamiento, asegurando un ajuste adecuado conforme a las tolerancias establecidas y manteniendo la correcta alineación coaxial del conjunto.

Adicionalmente, para garantizar la inmovilización axial del rodamiento y evitar desplazamientos indeseados durante la operación, se implementó un sistema de fijación

compuesto por una arandela de seguridad SKF MB 10 y una tuerca de fijación SKF KM 10, asegurando el bloqueo mecánico del conjunto. Finalmente, se instaló un sello radial SKF CRW1 45 x 65 x 8, el cual cumple la función de retener el lubricante en el interior del sistema y prevenir la entrada de contaminantes, contribuyendo así a la durabilidad y confiabilidad del mecanismo. Con el fin de preservar las condiciones óptimas de lubricación y evitar la contaminación por agentes externos, el sistema fue protegido mediante la incorporación de una tapa de cierre fijada con pernos hexagonales 1/4" – 20 UNC x 1/2".

Figura 135. Conjunto sobre el eje y la rueda.



Nota: Elaboración Propia.

Posterior al montaje del conjunto eje–rueda, incluyendo los elementos de rodadura y fijación, se procede a su instalación sobre el soporte de rueda, asegurando el correcto posicionamiento axial y la alineación del eje respecto a la estructura. La placa de tope actúa como elemento de restricción mecánica, acoplándose al eje mediante su geometría en media luna, lo que impide su rotación y desplazamiento. La fijación de dicha placa de tope al soporte se

realiza mediante tres pernos de 1/2"-13 UNC x 1 1/8", los cuales deben ser instalados aplicando un torque controlado conforme a valores normativos para uniones empernadas; Este procedimiento garantiza la adecuada precarga en la unión, permitiendo la correcta transmisión de esfuerzos, evitando el aflojamiento en servicio y asegurando la inmovilización del eje sin holguras ni desalineaciones durante la operación.

Figura 136. Ensamble del conjunto rueda.



Nota: Elaboración Propia.

6.2.5 Procesos de fabricación de la plataforma

La plataforma sobre rieles se compone de vigas longitudinales principales y vigas transversales secundarias, construidas perfiles con estructurales tipo canal C 4x5.4 y elementos planos que forman un bastidor rígido. Los perfiles son cortados a medida y organizados paralelamente para las vigas principales, con una distribución transversal para los elementos de rigidización. El proceso de fabricación incluye el trazado y corte de perfiles con equipos mecánicos, como amoladoras y tronzadoras, garantizando tolerancias dimensionales de ± 1 mm y el acondicionamiento de bordes para el ensamblaje de la estructura.

Figura 137. Preparado y corte de Vigas transversales.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 138. Preparado y corte de vigas principales



Nota: Elaboración Propia.

El proceso de armado del bastidor se lleva a cabo en una superficie nivelada, colocando vigas longitudinales paralelas y verificando su alineación y separación. Luego, se instalan vigas transversales para formar una estructura de parrilla que asegura rigidez y distribución de cargas. Se realiza un punteo inicial en las uniones, comprobando escuadría, nivelación y paralelismo,

antes de la soldadura definitiva. Las conexiones son tipo filete, soldadas con SMAW utilizando electrodos E7018 de 4mm, aplicando cordones continuos según el plano MC-PT-102.

Figura 139. Armado y puenteo de las vigas principales y transversales de 4 cuerpos.



Nota: Elaboración Propia.

Durante la soldadura, se utiliza una secuencia alternada y simétrica para reducir deformaciones, especialmente en uniones en cruz, donde se cruzan vigas. Se controla la penetración del cordón y se incorporan placas de refuerzo para aumentar la rigidez y disminuir los esfuerzos. Al finalizar, se inspecciona la estructura evaluando dimensiones, alineación y calidad de soldaduras, y se recomienda limpiar y aplicar un recubrimiento anticorrosivo para cumplir con los criterios de resistencia y estabilidad necesarios para el uso sobre rieles.

6.2.6 *Procesos de asentamiento del aislante térmico*

La implementación del sistema de aislamiento térmico sobre la estructura metálica de la plataforma tiene como objetivo minimizar la transferencia térmica hacia los componentes estructurales, asegurando así la integridad mecánica del conjunto y la eficiencia del proceso térmico. En una fase inicial, se lleva a cabo la instalación de planchas metálicas de 4mm de espesor a lo largo de toda la superficie de la plataforma, que funciona como base de soporte del sistema aislante. Estas planchas se fijan a la estructura a través de soldadura intermitente,

aplicadas en cordones distribuidos estratégicamente para prevenir deformaciones térmicas y facilitar una sujeción apropiada sin provocar concentraciones de esfuerzos excesivos. La base metálica garantiza la estabilidad y previene el desplazamiento de las capas superiores durante el proceso operativo.

A continuación, se lleva a cabo el asentamiento de ladrillos de tipo super king-kong de dimensiones $9 \times 14 \times 24$ cm, que se distribuyen de forma homogénea sobre la superficie, en dirección transversal y longitudinal respectivamente. Para una Plataforma de 3 metros de ancho y 12 metros de longitud, se disponen alrededor de 10 ladrillos por fila transversal y 30 filas longitudinales, lo que resulta en un total de 300 unidades de ladrillo. Estos ladrillos desempeñan el papel de establecer una barrera térmica sólida inicial, además de proporcionar una base estructurada para la capa subsecuente de aislamiento. La distribución equitativa facilita una transmisión eficiente de cargas y previene asentamientos diferenciales.

Los espacios intersticiales resultantes de los ladrillos son revestidos con una manta de fibra cerámica, un material caracterizado por su elevada resistencia térmica y baja conductividad, lo que resulta en un volumen total aproximado de $2,33 \text{ m}^3$. Este material desempeña un papel primordial como aislante, disminuyendo considerablemente la transferencia térmica hacia la estructura metálica. La instalación se lleva a cabo garantizando una compactación adecuada y continuidad, previniendo la generación de espacios que puedan poner en riesgo la eficiencia térmica del sistema.

Encima de esta capa inicial, se establece un segundo nivel de aislamiento a través de bloques de dimensiones $12 \times 20 \times 30$ cm, ubicándose un total de 1000 unidades en el lugar. Esta capa superior desempeña el papel de consolidar el aislamiento térmico y ofrece una superficie más robusta frente a las cargas térmicas y mecánicas producidas durante el proceso de cocción.

En última instancia, se procede a la aplicación de una capa de mortero de arcilla refractaria, cuyo propósito es nivelar y uniformizar la superficie de trabajo. Este mortero, adquirido del distrito de San Pablo – Canchis, exhibe características apropiadas en términos de resistencia térmica y cohesión, facilitando una adecuada adhesión entre los elementos y proporcionando una superficie estable para la operación.

Figura 140. Asentado de Ladrillo Bloquer.



Nota: Elaboración Propia.

El sistema multicapa, compuesto por una base metálica, ladrillos estructurales, una manta de fibra cerámica y mortero refractario, representa un aislamiento térmico eficaz, concebido para resistir condiciones de alta temperatura, reducir las pérdidas térmicas y salvar la estructura de la plataforma sobre rieles.

6.2.7 Procedimientos de soldadura

6.2.7.1 Tipo de soldadura

La fabricación del soporte de rueda y la plataforma sobre rieles se llevó a cabo mediante soldadura manual por arco eléctrico con electrodos E7018, ideal para aceros estructurales de

medio carbono. Este método reduce el hidrógeno difusible, minimizando la fisuración en frío y aumentando la tenacidad del material. Para el soporte, se utilizaron cordones de filete en uniones perpendiculares y cordones de ranura donde se requiera continuidad. La plataforma, con perfiles de canal U y planchas de refuerzo de 3/8", utilizó principalmente cordones de filete en la unión de vigas longitudinales y transversales, garantizando la transmisión de cargas y la rigidez estructural adecuada.

6.2.7.2 Parámetros de soldadura

Los parámetros de soldadura se calculan en el diámetro del electrodo E7018 (1/8") y los espesores de los materiales de base. Se empleó corriente continua en polaridad inversa (DC+), en un rango de 90 a 130 A, lo que facilitó una penetración y estabilidad del arco apropiadas. El voltaje operativo se mantuvo en un intervalo aproximado de 20 a 25 V, con una velocidad de progreso regulada que asegura una fusión adecuada entre la base metálica y el material de aporte.

Durante la ejecución, se controló la longitud de arco para evitar defectos como porosidad o salpicaduras excesivas, y se aplicaron técnicas de oscilación moderada en cordones de mayor sección.

6.2.8 Inspección y control de calidad de fabricación

El control de calidad en la fabricación de la plataforma sobre rieles busca asegurar que los componentes cumplan con los requisitos dimensionales, estructurales y de durabilidad del diseño, estableciendo criterios de aceptación y rechazo conforme a buenas prácticas de ingeniería y normas como AWS D1.1 para estructuras soldadas.

6.2.8.1 Controles dimensionales

El control dimensional verificó la conformidad de los elementos fabricados con los planos de diseño, asegurando la intercambiabilidad de componentes y la correcta integración del

sistema. Se inspeccionaron perfiles estructurales tipo canal U (C 4×5.4 y C 3×4.1) para verificar longitudes, escuadría y rectitud, así como los espesores de planchas metálicas (1/2" y 3/8") en la fabricación del soporte de rueda y rigidizadores, garantizando el cumplimiento de las especificaciones mecánicas requeridas.

Figura 141. Control dimensional de canal U, con micrómetro y vernier.



Nota: Elaboración Propia.

En el caso de las planchas obtenidas mediante corte por plasma CNC, se verificaron sus dimensiones exteriores y geometrías críticas, considerando tolerancias del orden de ± 0.5 mm a ± 1 mm, propias de este proceso. De igual manera, se realizó el control dimensional de componentes mecanizados como ejes y tapas, asegurando concentricidad, diámetros y espesores dentro de tolerancias establecidas en el diseño.

Figura 142. Control dimensional de agujeros con vernier.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 143. Control dimensional de las panchas del soporte de rueda.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 144. Control dimensional de espesores de planchas.



Nota: Elaboración Propia.

Se utilizaron instrumentos calibrados para la medición, incluyendo vernier, flexómetro de 8m, micrómetros exteriores. También se empleó un medidor de espesores por ultrasonido SNDWAY SW-6510, que permite verificar espesores sin acceso directo a ambas caras, asegurando la confiabilidad de las mediciones en elementos ensamblados.

Figura 145. Control con medidor de espesor de materiales por ultrasonido.



Nota: Elaboración Propia.

6.2.8.2 Inspección Visual de Uniones Soldadas

La inspección visual de las uniones soldadas se realizó al 100% de los cordones ejecutados, tanto en la estructura de la plataforma como en el soporte de rueda, siendo este un método fundamental para la detección de discontinuidades superficiales. El objetivo de esta inspección fue evaluar la calidad del cordón de soldadura en términos de geometría, uniformidad, continuidad y presencia de defectos visibles.

Figura 146. Kit de inspección de Soldadura GAL CAT-12



Nota: Elaboración Propia.

Para la ejecución de esta inspección se utilizó el kit de inspección de soldadura GAL GAGE CAT-12, el cual incluye herramientas especializadas como la galga Bridgecam para medición de tamaño de filete, medidor de alineamiento para verificación de desajustes, espejo telescópico para inspección en zonas de difícil acceso y lupa para observación detallada de discontinuidades. Mediante este procedimiento se verificó la ausencia de defectos tales como grietas superficiales, porosidad, socavación, falta de fusión y exceso o insuficiencia de material

de aporte. Asimismo, se controló el tamaño del cordón de filete en función de los requerimientos estructurales.

Figura 147. Inspección con Medidor para filete de Soldadura.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 148. Inspección con Brigdecam y Espejo telescópico.



Nota: Elaboración Propia.

Para la verificación de los resultados correspondientes a la inspección visual de las uniones soldadas del soporte de rueda y de la estructura de la plataforma, se debe consultar el Anexo F.4: Registros de Inspección de Control de Calidad, CS-END-VT-001y CS-END-VT-002, donde se presentan los formatos, observaciones y resultados obtenidos durante el proceso de evaluación.

6.2.8.3 Inspección por Líquidos Penetrantes de Uniones Soldadas

La inspección por líquidos penetrantes (PT) se utilizó como un método no destructivo para detectar discontinuidades superficiales, como microfisuras y poros abiertos, siguiendo la norma AWS D1.1 y enfocándose en áreas críticas como el soporte de ruedas y las uniones estructurales principales de la plataforma.

Figura 149. Kit de Líquidos Penetrantes Cantesco



Nota: Elaboración Propia.

El procedimiento consistió en la limpieza previa de la superficie, aplicación del líquido penetrante, remoción del exceso y aplicación del revelador. Posteriormente, se realizó la inspección visual para identificar indicaciones de defectos, evaluando su tamaño, forma y distribución. Este método permitió asegurar la integridad superficial de las uniones y

complementar la inspección visual directa. se debe consultar el Anexo F.4: Registros de Inspección de Control de Calidad, CS-END-PT-001y CS-END-PT-002, donde se presentan los formatos, observaciones y resultados obtenidos durante el proceso de evaluación.

Figura 150. Limpieza mecánica con escobilla tipo copa con amoladora.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 151. Limpieza de la Superficie con Cleaner.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 152. Aplicación del penetrante en el cordón de soldadura del soporte de rueda.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 153. Aplicación del revelador en el cordón de soldadura del soporte de Rueda.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 154. Aplicación del Penetrante en los cordones de soldadura de la plataforma.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 155. Aplicación del revelador en los cordones de soldadura de la plataforma.



Nota: Elaboración Propia.

6.2.8.4 Inspección de Espesor de Recubrimiento Superficial

La inspección del recubrimiento superficial se realizó con el objetivo de garantizar la adecuada protección anticorrosiva de los componentes metálicos, tales como la rueda, el soporte de rueda y la estructura de la plataforma. El control del espesor de pintura se efectuó en unidades de mils (milésimas de pulgada), asegurando el cumplimiento de los espesores mínimos requeridos para ambientes de operación, típicamente entre 3 y 6 mils, con adecuada adherencia y cobertura total de la superficie.

Figura 156. Medición de recubrimiento superficial con medidor de espesor de pintura.



Nota: Elaboración Propia.

Para esta medición se empleó un medidor de espesor de recubrimiento, verificando la uniformidad del recubrimiento aplicado en diferentes zonas del componente. Se evaluó la adherencia, continuidad y ausencia de defectos como poros, descascaramiento o zonas sin cobertura. Este control garantiza la durabilidad del sistema frente a condiciones ambientales adversas y contribuye a la prolongación de la vida útil de la estructura.

6.3 Ensamble de la Plataforma Sobre Rieles

El montaje de la plataforma sobre rieles comprende un conjunto de operaciones orientadas a la correcta instalación, alineación y puesta en servicio del sistema estructural y de rodadura. Este proceso es crítico para garantizar el adecuado desplazamiento de la plataforma, la distribución uniforme de cargas y la estabilidad durante la operación. Las actividades se ejecutan de manera secuencial, considerando criterios de seguridad, precisión geométrica y control de tolerancias.

6.3.1 Preparación del área de montaje

Previo al montaje, se realiza la preparación del área de trabajo, asegurando condiciones adecuadas para la instalación de la plataforma. Esta etapa incluye la limpieza del área, eliminación de obstáculos y verificación de la estabilidad del terreno o superficie de apoyo. Se inspecciona el sistema de rieles previamente instalado, verificando su alineación, paralelismo y nivelación, ya que estos constituyen la base de desplazamiento del sistema.

6.3.2 Montaje del sistema de rodaje

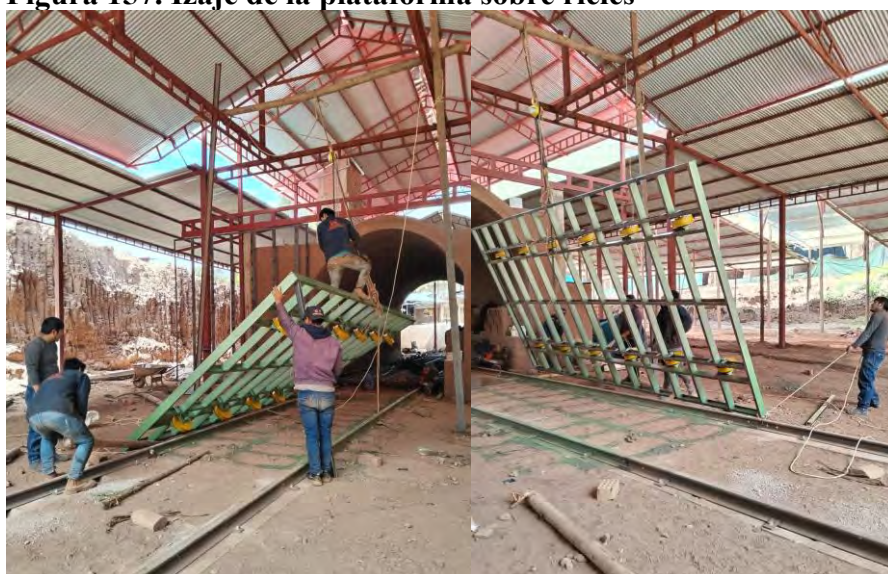
El montaje del sistema de rodaje consiste en la instalación del conjunto rueda-eje al bastidor de la plataforma, mediante uniones empernadas. Cada conjunto es fijado utilizando pernos de 5/8"-11 UNC x 1 5/8", acompañados de tuerca, arandela plana y arandela de presión, garantizando una adecuada distribución de cargas y resistencia al aflojamiento.

Durante la instalación, es fundamental asegurar la correcta alineación de todas las ruedas, considerando que cada lado de la plataforma cuenta con 12 unidades. La alineación se realiza mediante el uso de cordel guía, verificando que todas las ruedas se encuentren en un mismo plano longitudinal, evitando desviaciones que puedan generar esfuerzos adicionales o desgaste irregular. Asimismo, se controla la nivelación del sistema utilizando instrumentos de medición como niveles de burbuja o nivel láser. En caso de detectarse diferencias, se emplean láminas de ajuste (lainas) para corregir desniveles y garantizar el contacto uniforme de todas las ruedas con los rieles.

6.3.3 Montaje de la estructura de la plataforma

El montaje de la estructura se realiza inicialmente con la plataforma en posición invertida, lo que facilita la instalación del sistema de rodaje y el acceso a los puntos de fijación. Una vez completado este proceso, se procede al volteo de la estructura mediante el uso de equipos de elevación, específicamente tecles con capacidad de 2 toneladas, apoyados en estructuras adyacentes que actúan como soporte.

Figura 157. Izaje de la plataforma sobre rieles



Nota: Elaboración Propia.

El izaje se ejecuta de manera controlada, asegurando la distribución uniforme de cargas y evitando esfuerzos torsionales en la estructura. Una vez posicionada en su orientación final, la plataforma es descendida cuidadosamente hasta que las ruedas entren en contacto con los rieles previamente instalados. Este proceso debe realizarse con precisión para evitar impactos o desalineaciones que puedan afectar el sistema.

6.3.4 Alineamiento y nivelación del sistema

Una vez instalada la plataforma sobre los rieles, se procede a la alineación y nivelación general del sistema. Este proceso tiene como objetivo asegurar que la plataforma se desplace de manera rectilínea y sin interferencias. Se verifica el paralelismo entre rieles y la alineación de las ruedas, realizando ajustes finos mediante la regulación de los puntos de apoyo.

La nivelación se controla a lo largo de toda la longitud de la plataforma, asegurando que no existan puntos de contacto irregular o cargas desiguales sobre las ruedas. Este procedimiento es fundamental para evitar vibraciones, desgaste prematuro y posibles fallas durante la operación.

6.3.5 Verificación de holguras y tolerancias

Finalmente, se realiza la verificación de holguras y tolerancias del sistema montado, asegurando que todos los elementos móviles cuenten con los espacios adecuados para su funcionamiento. Se inspecciona la holgura entre ruedas y rieles, estableciendo valores típicos de 1 a 3 mm por lado, con el fin de permitir el libre desplazamiento sin generar interferencias ni excesiva holgura que comprometa la estabilidad. Asimismo, se verifica la alineación de las ruedas respecto al riel, admitiéndose una desviación máxima de ± 1 mm en alineación longitudinal y una diferencia de nivel entre ruedas no mayor a ± 1.5 mm, para garantizar un contacto uniforme y evitar cargas desiguales.

Adicionalmente, se comprueba que las tolerancias de montaje del sistema se encuentren dentro de rangos admisibles, tales como el paralelismo entre rieles con una desviación máxima de ± 2 mm en toda la longitud de la plataforma, y la nivelación general del sistema con una variación no mayor a ± 2 mm en 3 m de longitud. Se verifica también la ausencia de interferencias entre componentes del sistema de rodadura y que las uniones empernadas no presenten holguras indebidas. Cualquier desviación fuera de estos rangos debe ser corregida mediante ajustes mecánicos, como el uso de laines o realineación de componentes, antes de la puesta en servicio. Este control final garantiza la operatividad, seguridad y durabilidad de la plataforma sobre rieles.

6.4 Pruebas de Funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento tienen como finalidad verificar el desempeño operativo, estructural y funcional de la plataforma sobre rieles, asegurando que el sistema cumpla con los requisitos de diseño bajo condiciones reales de operación. Estas pruebas permiten identificar posibles desviaciones, fallas o deficiencias en el montaje, alineación y comportamiento del sistema, antes de su puesta en servicio definitiva.

6.4.1 Pruebas en vacío

Las pruebas en vacío se realizan sin aplicar carga sobre la plataforma, con el objetivo de evaluar el comportamiento inicial del sistema de rodadura y la interacción entre ruedas y rieles. Durante esta etapa, se verifica el desplazamiento libre de la plataforma, la ausencia de interferencias mecánicas y la correcta alineación del sistema.

Se inspecciona que no existan vibraciones anómalas, ruidos excesivos o puntos de fricción. Asimismo, se comprueba que todas las ruedas mantengan contacto con los rieles y que

el desplazamiento se realice de manera uniforme. Se considera aceptable un movimiento continuo, sin atascamientos ni desviaciones laterales significativas ($\leq \pm 2$ mm).

Figura 158. Prueba en Vacío de la Plataforma.



Nota: Elaboración Propia.

6.4.2 Pruebas con carga nominal

En esta etapa se somete la plataforma a su carga de diseño o carga nominal, con el objetivo de evaluar su comportamiento estructural bajo condiciones reales de operación. Se verifica la distribución uniforme de la carga sobre las ruedas, así como la estabilidad del sistema.

Se controlan deformaciones en la estructura, las cuales no deben exceder valores admisibles, típicamente del orden de $L/300$ a $L/500$ (donde L es la longitud de la viga principal). Asimismo, se inspecciona el comportamiento de las uniones soldadas y emperradas, verificando que no presenten fallas, aflojamiento o deformaciones permanentes.

Figura 159. Carguío de ladrillo en la Plataforma sobre rieles.



Nota: Elaboración Propia.

6.4.3 Evaluación del comportamiento estructural y funcional

Durante las pruebas se realiza una evaluación integral del comportamiento de la plataforma, considerando aspectos estructurales y funcionales. Se analizan las deformaciones, vibraciones, estabilidad y respuesta ante carga y temperatura.

Se comparan los resultados obtenidos con los valores teóricos y de simulación (FEM), verificando que los esfuerzos y deformaciones se encuentren dentro de los rangos admisibles. Asimismo, se evalúa el desempeño del sistema de rodadura, asegurando una operación suave, sin fallas ni desgaste prematuro.

Figura 160. Evaluación del comportamiento estructural de la plataforma.



Nota: Elaboración Propia.

6.4.4 Criterios de aceptación y seguridad operativa

Se establecen criterios de aceptación para garantizar que la plataforma pueda ser puesta en servicio de manera segura. Se considera que el sistema es apto cuando cumple con los siguientes requisitos:

- Desplazamiento continuo sin interferencias ni bloqueos.
- Alineación dentro de tolerancias (± 2 a ± 3 mm).
- Deformaciones dentro de límites admisibles ($L/300$ a $L/500$).
- Ausencia de fallas en soldaduras y uniones empernadas.
- Correcto funcionamiento del sistema de rodadura.
- Integridad del sistema de aislamiento térmico.

Como criterios de rechazo, se consideran condiciones como deformaciones excesivas, fallas estructurales, desalineaciones significativas, ruidos anómalos, desgaste prematuro o

cualquier condición que comprometa la seguridad operativa. En tales casos, se deberán realizar ajustes, reparaciones o rediseños antes de la puesta en servicio.

6.5 Resultados y discusión de las pruebas

La implementación de dos plataformas sobre rieles que operan de manera alternada permitió separar las fases de carguío y descarga del ciclo térmico del horno, eliminando los tiempos muertos. Como resultado, el ciclo total se acorta a 30 horas, frente a las 60 horas del sistema tradicional, lo que representa una reducción del 50% en la duración del proceso. Esta mejora se debe a que, mientras una plataforma está en proceso de quema, la otra puede ser cargada o descargada, optimizando así la continuidad operativa.

Tabla 29. Cuadro comparativo del ciclo que quema del horno con y sin plataforma.

Ciclo de Producción	Horno tipo Paulista	
	Sin Plataforma	Con Plataforma
<i>Carguío [h]</i>	8	3
<i>Calentamiento [h]</i>	16	8
<i>Quema o Cocción [h]</i>	12	12
<i>Enfriamiento [h]</i>	18	5 (9)
<i>Descarguío [h]</i>	6	2
TOTAL [h]	60	30

Nota: Elaboración Propia

La reducción del tiempo cíclico hace que la cantidad de ciclos de quema se incremente, lo cual tiene el potencial de duplicar la producción sin requerir una modificación en la capacidad térmica del horno. Asimismo, se optimiza la utilización de los recursos humanos y se disminuye el tiempo sin actividad. La incorporación de dos plataformas mejora el proceso y se manifiesta como una opción técnica factible para incrementar la productividad, evidenciando un impacto positivo frente al método tradicional.

CAPÍTULO VII: ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1 Costo de inversión

Se presenta una evaluación exhaustiva de los costos directos vinculados a la construcción e instalación de la plataforma sobre rieles con capacidad para 20 000 ladrillos, considerando rubros como materiales, mano de obra especializada, equipos y transporte. El análisis económico resalta la relevancia de emplear materiales de alta resistencia y componentes específicos que aseguren un desempeño óptimo del conjunto.

Asimismo, se examinan los costos asociados a la mano de obra en todas las etapas del proyecto, desde el diseño hasta la instalación final, junto con la utilización de equipos adecuados que permitan cumplir con los estándares de calidad establecidos. De igual manera, se implementa un control riguroso del presupuesto, orientado a la optimización de recursos y a la correcta ejecución de cada fase del proyecto. Este enfoque integral garantiza una adecuada coordinación entre los equipos técnicos y logísticos, permitiendo el desarrollo eficiente del proyecto sin comprometer la calidad ni la sostenibilidad, y asegurando su viabilidad técnica y económica.

Los costos de construcción e instalación constituyen un elemento fundamental para la realización del análisis económico. Estos se clasifican en cuatro categorías principales, con el propósito de determinar el costo total del proyecto.

7.1.1 Costo de materiales

El costo de los materiales es el valor total de los insumos necesarios para construir e instalar el proyecto, lo que lo convierte en uno de los gastos directos más relevantes en una obra ingenieril.

Tabla 30. Costo de materiales

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL
02 07025	ARANDELA NORMAL 1/2"	UND	288.06	S/ 0.35	100.82
02 07038	ARANDELA NORMAL 5/8"	UND	48.00	S/ 0.45	21.60
02 07018	EJE DIAM 57MM - 200 MM	PZA	48.00	S/ 223.90	10,747.20
02 07026	PERNO HEXAGONAL DE 1/2"-13 UNC x 1 1/8"	PZA	288.02	S/ 1.20	345.62
02 07027	PERNO HEXAGONAL DE 1/4"-20 UNC x 1/2"	PZA	576.03	S/ 0.80	460.82
02 06996	PERNOS DE EXPANSION 3/4"-10 UNC x 4"	UND	168.00	S/ 9.00	1,512.00
02 07035	PERNOS DE EXPANSION 5/8"-11 UNC x 1 5/8"	UND	48.00	S/ 3.50	168.00
02 07028	PUNTO DE ENGRASE NPT 1/4" - RECTO	UND	48.02	S/ 1.00	48.02
02 02385	TUERCA DE 3/4"-10 UNC	UND	168.01	S/ 0.80	134.41
02 06999	TUERCA DE 3/8"-16 UNC	UND	168.02	S/ 0.50	84.01
02 07036	TUERCA DE 5/8"-11 UNC	UND	48.00	S/ 1.20	57.60
17 00076	LADRILLO BLOQUER 12x20x30 CM	UND	1,301.00	S/ 1.10	1,431.10
17 07005	PLANCHA 106x130 mm2 (t=1/2")	PZA	96.00	S/ 8.93	857.28
17 07004	PLANCHA 160x130 mm2 (t=1/2")	PZA	48.00	S/ 13.48	647.04
17 07003	PLANCHA 324x182 mm2 (t=1/2")	PZA	96.00	S/ 38.21	3,668.16
17 07008	PLANCHA 55x45 mm2 (t=3/8")	PZA	384.02	S/ 1.18	453.14
17 07007	PLANCHA 75x45 mm2 (t=3/8")	PZA	192.01	S/ 1.60	307.22
17 07006	PLANCHA 95x130 mm2 (t=1/2")	PZA	96.00	S/ 8.00	768.00
29 06952	AGUA PARA INGERIR DE 20 L	UND	15.00	S/ 23.30	349.50
29 07013	CEPILLO COPA 3"	UND	9.15	S/ 7.90	72.29
29 01351	CORDEL	M	3.34	S/ 3.22	10.75
29 07030	DISCO DE CORTE DE 14"	UND	2.47	S/ 16.90	41.74
29 07010	DISCO DE CORTE DE 4.5"	UND	2.50	S/ 4.70	11.75
29 07011	DISCO DE CORTE DE 7"	UND	33.95	S/ 6.50	220.68
29 07039	DISCO DE DESBASTE DE 4.5"	UND	0.30	S/ 6.50	1.95
29 07012	DISCO DE DESBASTE DE 7"	UND	26.39	S/ 9.70	255.98
29 01019	ELECTRODO E7018 - 1/8"	KG	65.52	S/ 17.00	1,113.84
29 02022	YESO EN BOLSAS DE 20 KG. Y TIZA	UND	3.16	S/ 6.30	19.91
30 04477	BASE PARA PINTURA	GLN	11.60	S/ 63.00	730.80
30 05624	BROCA DIAMANTADA DE 3/4"	UND	3.36	S/ 98.00	329.28
30 03366	BROCA DIAMANTADA DE 5/8"	UND	4.00	S/ 35.00	140.00
30 00266	CORDEL	M	25.14	S/ 3.22	80.95
30 07040	MANTA DE FIBRA CERAMICA	M3	2.33	S/ 4,235.00	9,867.55
30 05662	MORTERO DE ARCILLA REFRACTARIA	GLB	71.98	S/ 7.66	551.37
30 07017	RUEDA	UND	48.00	S/ 413.36	19,841.28
39 06041	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	UND	1.00	S/ 4,500.00	4,500.00
43 00020	MADERA TORNILLO	P2	3.79	S/ 3.22	12.20
49 07020	ARANDELA DE FIJACION MB-10	UND	96.00	S/ 18.00	1,728.00
49 07019	RODAMIENTO 30310	UND	96.00	S/ 90.00	8,640.00
49 07022	SELLO RADIAL 45x65x8	UND	96.00	S/ 15.00	1,440.00
49 07021	TUERCA DE FIJACION KM-10	UND	96.00	S/ 32.00	3,072.00
51 06994	PLACA DE ASIENTO DE RIEL 30LB-YD	UND	84.00	S/ 30.00	2,520.00
51 06993	RIELES DE 30 LB-YD. x6M	PZA	14.00	S/ 635.95	8,903.30
51 06995	SUJECION DE RIEL	UND	168.00	S/ 15.00	2,520.00
54 02759	DILUYENTE PARA PINTURA DE ADHERENCIA	GLN	26.00	S/ 20.00	520.00
54 00027	PINTURA ESMALTE	GLN	10.65	S/ 76.00	809.40
56 06997	ARANDELA DE PRESION 3/4"	UND	168.02	S/ 0.60	100.81
56 07000	ARANDELA DE PRESION 3/8"	UND	168.03	S/ 0.30	50.41
56 07037	ARANDELA DE PRESION 5/8"	UND	48.00	S/ 0.45	21.60
56 06998	ARANDELA NORMAL 3/4"	UND	168.02	S/ 0.60	100.81
56 07024	PLACA TOPE	PZA	96.00	S/ 35.00	3,360.00
57 07034	PLANCHA DE ACERO DE 4MM - 2.4x1.2M2	UND	14.42	S/ 362.03	5,220.47
57 07023	TAPA DE RUEDA - TORNEADO	UND	96.00	S/ 88.00	8,448.00
65 07032	PERFIL DE ACERO C3x4.1 - 6M	PZA	38.00	S/ 245.50	9,329.00
65 07031	PERFIL DE ACERO C4x5.4 - 6M	PZA	16.00	S/ 222.00	3,552.00
Sub Total 01					S/ 120,299.66

Nota: Elaboración Propia.

7.1.2 Costo mano de obra

El gasto de mano de obra hace referencia al desembolso que se relaciona con los trabajadores que participan directamente en la realización de un proyecto, ya sea en tareas como la instalación, el montaje o la fabricación.

Tabla 31. Costo mano de obra

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	326.39	S/ 18.69	S/ 6,100.23
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	270.50	S/ 20.65	S/ 5,585.83
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	78.22	S/ 26.25	S/ 2,053.28
Sub Total 02					S/ 13,739.34

Nota: Elaboración Propia.

7.1.3 Costo de equipo y servicios

El costo de equipos y servicios describe los gastos relacionados con el alquiler, la contratación o el uso de herramientas especializadas, maquinaria y servicios requeridos para llevar a cabo un proyecto.

Tabla 32. Costo de Equipos y Servicios.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL
32 03522	MOVILIZ. Y DESMOVILIZ. DE MAQ. EQUIPO HERRAMIENTAS	GLB	2.00	S/ 100.00	S/ 200.00
32 01853	TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB	2.00	S/ 1,000.00	S/ 2,000.00
14 06374	CAMIÓN GRUA TIPO PLUMA CON BRAZO MECÁNICO	GLB	1.00	S/ 450.00	S/ 450.00
30 01475	NIVEL	HM	11.16	S/ 6.40	S/ 71.42
30 00085	TEODOLITO	HM	8.00	S/ 8.40	S/ 67.20
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			S/ 613.12
37 04188	WINCHA DE 50m	HE	15.27	S/ 35.00	S/ 534.45
48 00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	6.42	S/ 15.00	S/ 96.30
48 07009	AMOLADORA DE 7"	HM	6.03	S/ 18.00	S/ 108.54
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	11.29	S/ 35.00	S/ 395.15
48 07029	TRONZADORA 14"	HM	6.51	S/ 22.00	S/ 143.22
49 02104	COMPRESORA PARA PINTURA	HM	5.12	S/ 22.50	S/ 115.20
49 07002	MACHO DE ROSCAR 5/8"	UND	4.80	S/ 70.00	S/ 336.00
49 07001	TALADRO DE BANCO	HM	10.24	S/ 15.00	S/ 153.60
49 03368	TALADRO DE CONCRETO	HM	4.81	S/ 15.00	S/ 72.15
49 07033	TALADRO MANUAL	HM	32.00	S/ 8.00	S/ 256.00
Sub Total 03					S/ 5,612.35

Nota: Elaboración Propia.

7.1.4 Costos de equipos de protección personal

Desde el enfoque técnico, el costo de EPP pertenece a la seguridad y salud ocupacional e incluye equipos como cascos, gafas, respiradores, guantes y calzado, los cuales deben cumplir normas y estándares de calidad.

Tabla 33. Costo de Equipos de Protección Personal – EPP's

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL
30 06950	LENTES DESEGURIDAD (CAMBIO C/5 DIAS)	UND	30.00	S/ 2.50	S/ 75.00
37 06948	BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO #41	PAR	6.00	S/ 80.00	S/ 480.00
37 06942	CASCO DE SEGURIDAD INCL BARBIQUEJO	UND	6.00	S/ 30.00	S/ 180.00
37 06944	FILTRO PARA POLVO	UND	14.00	S/ 60.00	S/ 840.00
37 06951	GUANTES (CAMBIO C/5 DIAS X 4 MESES)	par	50.00	S/ 12.00	S/ 600.00
37 07042	GUANTES DE SOLDADOR	UND	6.00	S/ 24.00	S/ 144.00
37 07041	MANDIL DE CUERO	UND	6.00	S/ 30.00	S/ 180.00
37 06953	PROTECTOR DE OIDOS TAPON (CAMBIO C/15 DIAS X 4	PAR	12.00	S/ 2.50	S/ 30.00
37 06945	RESPIRADORES DE SILICONA	UND	7.00	S/ 95.00	S/ 665.00
37 06947	UNIFORME MAMELUCO PARA OBRERO	UND	3.00	S/ 110.00	S/ 330.00
Sub Total 04					S/ 3,524.00

Nota: Elaboración Propia.

El costo total de diseño y fabricación de una plataforma sobre rieles asciende a S/. 157 492.89 (ciento cincuenta y siete mil cuatrocientos noventa y dos con 89/100 soles), monto que integra de manera consolidada todos los recursos técnicos, humanos y materiales requeridos para la materialización del proyecto.

Este valor económico comprende los costos directos asociados a la adquisición de materiales estructurales y componentes mecánicos. Asimismo, incluye los costos de mano de obra calificada y los costos por uso de equipos y servicios. También se consideran los costos vinculados a la implementación de medidas de seguridad industrial, como los equipos de protección personal (EPP), indispensables para mitigar riesgos durante la ejecución del proyecto. Se incorpora un valor equivalente al 10% del total de los costos directos, destinado a cubrir los gastos generales del proyecto.

En consecuencia, el costo total refleja una inversión coherente con los estándares de ingeniería, garantizando la confiabilidad, eficiencia operativa y sostenibilidad del sistema en su vida útil.

Tabla 34. Resumen de costo de proyecto.

COSTOS DE MATERIALES	S/ 120,299.66
COSTO MANO DE OBRA	S/ 13,739.34
COSTO DE EQUIPO Y SERVICIOS	S/ 5,612.35
COSTOS DE EPP	S/ 3,524.00
GASTOS GENERALES (10%)	S/ 14,317.54
COSTO TOTAL	S/ 157,492.89

Nota: Elaboración Propia.

7.2 Flujos de caja para la evaluación del proyecto

7.2.1 Ingresos y egresos

Se analizan los ingresos y egresos de la empresa con el objetivo de determinar la utilidad generada en el año 2024 y proyectar su comportamiento en los años siguientes en función de la implementación de la plataforma.

7.2.1.1 Antes de la implementación de la plataforma

El flujo de caja del año 2024 se basa en datos reales de operación de la empresa con el horno tipo paulista. Durante este periodo, el horno realizó un total de 93 ciclos de quema al año, alcanzando una producción de 1,860,000 ladrillos anuales.

El costo de producción unitario del ladrillo fue de S/ 0.68, considerado como un costo promedio de operación. Bajo estas condiciones, la empresa generó una utilidad anual de S/ 224,787.00.

Este escenario representa la línea base para la evaluación del proyecto.

Tabla 35. Flujo de Caja Actual - Sin Plataforma - Año 2024

NUMERO DE QUEMAS	LADRILLOS	INGRESOS	EGRESOS	UTILIDAD
ENERO	6	120,000	S/ 69,094.00	S/ 713.00
FEBRERO	7.5	150,000	S/ 110,003.00	S/ 25,175.00
MARZO	7	140,000	S/ 91,340.00	S/ 540.00
ABRIL	7	140,000	S/ 103,484.00	S/ 11,586.00
MAYO	9	180,000	S/ 123,408.00	S/ 23,831.00
JUNIO	7	140,000	S/ 85,251.00	S/ 7,358.00
JULIO	8	160,000	S/ 129,080.00	S/ 39,169.00
AGOSTO	7.5	150,000	S/ 113,682.00	S/ 14,206.00
SETIEMBRE	8.5	170,000	S/ 126,235.00	S/ 25,410.00
OCTUBRE	9	180,000	S/ 121,953.00	S/ 18,454.00
NOVIEMBRE	7	140,000	S/ 111,810.00	S/ 18,810.00
DICIEMBRE	9.5	190,000	S/ 152,389.00	S/ 39,626.00
TOTAL	93	1,860,000	S/ 1,337,729.00	S/ 224,878.00

Nota: Elaboración Propia.

7.2.1.2 Después de la implementación de la plataforma

A partir del año 2025, se proyecta el flujo de caja considerando la implementación de la plataforma sobre rieles y su impacto en el proceso productivo. Se observa un incremento del 30% en la producción de ladrillos, debido principalmente al aumento en el número de ciclos de quema, que pasa de 93 a 121 ciclos anuales, alcanzando una producción de 2,420,000 ladrillos por año.

Asimismo, se identifican los siguientes cambios en los costos operativos:

- Disminución en el consumo de combustible por ciclo de quema
- Reducción en el requerimiento de mano de obra
- Incremento en los costos de mantenimiento y reposición de componentes

Como resultado de estos factores, el costo de producción unitario se reduce a S/ 0.60 por ladrillo. Bajo estas nuevas condiciones, se estima una utilidad anual de S/ 293,779.82 para el año 2025, valor que se proyecta constante para los años siguientes de evaluación.

Tabla 36. Flujo de Caja Proyectado - Con Plataforma – Año 2025 - 2029

NUMERO DE QUEMAS	LADRILLOS	INGRESOS	EGRESOS	UTILIDAD	
ENERO	8	<i>160,000</i>	S/ 9,896.49	S/ 88,895.30	S/ 1,001.19
FEBRERO	8	<i>160,000</i>	S/ 143,122.18	S/ 110,276.40	S/ 32,845.78
MARZO	9	<i>180,000</i>	S/ 118,840.22	S/ 118,040.00	S/ 800.22
ABRIL	9	<i>180,000</i>	S/ 134,640.47	S/ 119,467.40	S/ 15,173.07
MAYO	10	<i>200,000</i>	S/ 160,563.10	S/ 129,450.10	S/ 31,113.00
JUNIO	10	<i>200,000</i>	S/ 110,917.97	S/ 101,260.90	S/ 9,657.07
JULIO	11	<i>220,000</i>	S/ 167,942.80	S/ 116,884.30	S/ 51,058.50
AGOSTO	11	<i>220,000</i>	S/ 147,908.84	S/ 129,318.80	S/ 18,590.04
SETIEMBRE	12	<i>240,000</i>	S/ 164,241.24	S/ 131,072.50	S/ 33,168.74
OCTUBRE	12	<i>240,000</i>	S/ 158,670.03	S/ 134,548.70	S/ 24,121.33
NOVIEMBRE	11	<i>220,000</i>	S/ 145,473.23	S/ 120,900.00	S/ 24,573.23
DICIEMBRE	10	<i>200,000</i>	S/ 198,269.56	S/ 146,591.90	S/ 51,677.66
TOTAL	121	2,420,000	S/ 1,740,486.12	S/ 1,446,706.30	S/ 293,779.82

Nota: Elaboración Propia.

7.3 Tasa de interés anual

La tasa de interés anual empleada en la evaluación económica del proyecto se obtuvo de la página oficial del BBVA Perú, considerando las condiciones de financiamiento aplicables, los requisitos establecidos y el monto requerido para la inversión inicial de la plataforma sobre rieles. La tasa de interés anual de 17.64%, la cual corresponde a un escenario representativo de financiamiento para este tipo de inversión, la cual fue empleada como referencia para el análisis económico del proyecto, permitiendo estimar indicadores como la rentabilidad, el valor actual neto y la viabilidad económica de la propuesta.

7.4 Impuestos

Según la normativa tributaria vigente establecida por la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), la determinación del impuesto a la renta empresarial se encuentra sujeta a una tasa proporcional aplicada sobre la renta neta imponible. En este contexto, cuando las utilidades del contribuyente no superan el equivalente a 15 Unidades Impositivas Tributarias (UIT), se aplica una tasa de impuesto del 29.50%, conforme al régimen general del Impuesto a la Renta de tercera categoría, para el régimen MYPE Tributario.

7.5 Flujo de caja proyectado

Para la evaluación financiera del proyecto, mediante los indicadores Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), se considera únicamente el beneficio incremental generado por la implementación de la plataforma.

En ese sentido, se trabaja con la diferencia de utilidades entre el escenario con proyecto y sin proyecto, con el fin de no distorsionar la situación económica actual de la empresa.

La diferencia anual de utilidades es:

$$\text{Utilidad Bruta} = 293,779.82 - 224,878.00 = 68,901.82$$

Se adopta un valor de S/ 68,901.82 anuales como ingreso incremental.

Este monto se considera como el flujo de caja neto anual del proyecto, el cual será utilizado para el cálculo del VAN y la TIR.

El flujo de caja del proyecto se determina considerando que todos los valores monetarios están expresados en soles peruanos (S/.), lo que permite mantener la consistencia en la evaluación financiera y evitar distorsiones por tipo de cambio.

De igual forma, para el análisis económico se definió un horizonte de evaluación de cinco años, periodo dentro del cual se proyecta la recuperación de la inversión inicial. Durante este intervalo, se estiman los ingresos (o beneficios económicos) y los egresos asociados a la operación del sistema, con el propósito de evaluar la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

Tabla 37. Flujo de caja proyectado

Flujo de Caja	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Utilidad Bruta		S/ 68,901.82	S/ 68,901.82	S/ 68,901.82	S/ 68,901.82	S/ 68,901.82
Depreciación de plataforma		S/ 39,373.22	S/ 35,435.90	S/ 31,498.58	S/ 27,561.25	S/ 23,623.93
Intereses del préstamo		S/ 24,467.87	S/ 18,792.77	S/ 16,060.66	S/ 10,453.32	S/ 3,972.31
Utilidad antes de impuesto		S/ 5,060.73	S/ 14,673.15	S/ 21,342.58	S/ 30,887.24	S/ 41,305.58
Impuesto		S/ 506.07	S/ 1,467.31	S/ 2,134.26	S/ 3,088.72	S/ 4,130.56
Utilidad		S/ 4,554.65	S/ 13,205.83	S/ 19,208.32	S/ 27,798.52	S/ 37,175.02
Depreciación		S/ 39,373.22	S/ 35,435.90	S/ 31,498.58	S/ 27,561.25	S/ 23,623.93
Intereses del préstamo		S/ 24,467.87	S/ 18,792.77	S/ 16,060.66	S/ 10,453.32	S/ 3,972.31
Inversion inicial	-S/ 157,492.89					
Utilidad Neta	-S/ 157,492.89	S/ 68,395.75	S/ 67,434.50	S/ 66,767.56	S/ 65,813.09	S/ 64,771.26
	VAN	S/ 66,731.04				
	TIR	31.96%				

Nota: Elaboración Propia.

7.6 Rentabilidad del proyecto

El análisis económico del proyecto, realizado mediante herramientas de cálculo como Excel, permitió obtener un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 66,731.04 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 31.96%.

El VAN positivo indica que, al descontar los flujos de caja futuros a la tasa de interés establecida, el proyecto genera un excedente económico de S/. 66,731.04, lo que evidencia su rentabilidad y conveniencia económica. En términos técnicos, un VAN mayor que cero implica que la inversión no solo recupera el capital inicial, sino que también genera valor adicional.

Por otro lado, la TIR del 31.96% representa la tasa de rentabilidad interna del proyecto, la cual es superior a la tasa de descuento considerada en la evaluación. Esto demuestra la viabilidad financiera del proyecto, dado que la rentabilidad estimada excede el costo de oportunidad del capital.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- Se define los parámetros de diseño, el horno tipo paulista existente no se modifica, lo que limita el diseño de la plataforma sobre rieles de largo, ancho y altura máxima de 12.00 m, 3.00 m y 0.80 m respectivamente, para una capacidad de 20 000 ladrillos. También se realiza el análisis térmico del horno, de donde la plataforma cuenta que un sistema de aislamiento térmico es esencial para mantener la integridad del sistema. La Propuesta N°2 se destacó al reducir la transferencia de calor y mantener la temperatura estructural por debajo de 30 °C, protegiendo así los componentes. Se concluye que las dilataciones térmicas son mínimas y manejables por el sistema de rodadura, validando el diseño y destacando la necesidad de automatizar el proceso de carga y descarga para mayor eficiencia operativa, finalmente determinando el peso del aislamiento térmico se establece los parámetros para el diseño mecánico.
- Se logra calcular los esfuerzos permitidos de la estructura principal y los componentes críticos estructurales usando la metodología analítica, donde se tuvo que evaluar para una carga a transportar de 75 000kg; se seleccionó la viga $C4 \times 5.4 \text{ lb/ft}$ para la viga transversal donde se obtuvo los siguientes valores: deflexión máxima 0.822mm , Esfuerzo máximo a la flexión 70.692 MPa y un factor de seguridad de 2.562; la viga principal se evaluó para la reacción máxima de la viga transversal 14.374 kN para ello se seleccionó la viga $C4 \times 5.4 \text{ lb/ft}$, obteniendo una deflexión máxima 0.741mm, esfuerzo máximo a flexión de 69.329 Mpa y un factor de seguridad de 2.704; El cálculo analítico utilizado permitió encontrar el diámetro de rueda recomendado por la norma DIN 15070 donde se eligió una rueda de diámetro 250mm y carga admisible de 80 000N; en el dimensionamiento del eje se obtuvo

los diámetros necesarios para soportar la carga puntual de 28.916 *kN* por rueda, obteniendo así como diámetro de eje- rodamiento de 50mm y eje -soporte de 45mm. Así mismo se puede seleccionar el rodamiento de una hilera de rodillos cónicos 30310 que cuenta con 1 905 117.077 horas de funcionamiento. En conjunto, el sistema diseñado demuestra viabilidad estructural y operativa para el transporte de 20 000 ladrillos, asegurando estabilidad, adecuada distribución de cargas y durabilidad en servicio.

- El análisis estructural de la plataforma sobre rieles, mediante simulación por el método de elementos finitos (FEM) se realizó con ANSYS, donde se demuestra un comportamiento mecánico adecuado bajo carga real. Los esfuerzos equivalentes permanecen por debajo del límite de fluencia de los materiales y las deformaciones no afectan la estabilidad ni la funcionalidad. Para la simulación del sistema completo de la plataforma, se obtiene una deflexión máxima 0.0915 mm, esfuerzo máximo a flexión de 130.7 Mpa y un factor de seguridad de 1.913.
- El capítulo de especificaciones técnicas establece de manera integral los criterios de selección de materiales, presupuesto y cronograma del proyecto, procesos de fabricación, montaje, control de calidad y pruebas de funcionamiento para la plataforma sobre rieles, garantizando que el sistema cumpla con los requerimientos estructurales, térmicos y operativos del proyecto. La adecuada elección de aceros estructurales normalizados, componentes mecánicos de alta resistencia y materiales de aislamiento térmico, junto con procedimientos de fabricación basados en normas técnicas como ASTM y AWS, permite asegurar la confiabilidad, durabilidad y seguridad del sistema. Asimismo, la implementación de controles dimensionales, inspecciones no destructivas y pruebas operativas valida que la plataforma funcione correctamente bajo condiciones reales, cumpliendo con los criterios de

aceptación establecidos. La implementación de la plataforma optimiza el proceso productivo sin alterar las condiciones térmicas del horno, contribuyendo a mejorar el rendimiento operativo en la industria ladrillera.

- El proyecto presenta un VAN de S/. 66,731.04 y una TIR del 31.96%, valores que evidencian su rentabilidad y viabilidad financiera, ya que no solo genera un excedente económico positivo, sino que además su tasa de retorno supera el costo de oportunidad del capital, justificando su ejecución.

8.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar la Propuesta N°2 de aislamiento térmico utilizando manta de fibra cerámica para su eficiencia en la reducción del flujo térmico. Además, se deben considerar holguras térmicas y tolerancias en el diseño, utilizar lubricantes de alta temperatura para los rodamientos y establecer un plan de mantenimiento preventivo enfocado en ruedas, rodamientos y el aislamiento térmico, para garantizar la vida útil del sistema y minimizar fallas durante la operación.
- Se recomienda, en etapas posteriores, complementar el diseño con un análisis mediante elementos finitos (FEM) para validar con mayor precisión el comportamiento estructural ante condiciones reales de operación, incluyendo efectos dinámicos y posibles concentraciones de esfuerzo. Asimismo, se sugiere implementar un sistema motriz específico, con el fin de optimizar el consumo energético y mejorar el control del desplazamiento de la plataforma.

- Se recomienda un control estricto en la alineación de rieles e inspecciones periódicas de la alineación, calidad de soldaduras y ensamblaje de rodadura para asegurar el desempeño y vida útil de la plataforma.
- Se recomienda que, en futuros trabajos, se profundice en el manejo del software ANSYS Workbench, especialmente en la integración de los módulos Fluent (CFD) y Mechanical (FEM) mediante celdas de transferencia de datos, lo que permitirá realizar análisis acoplados más completos y precisos del comportamiento térmico y estructural del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

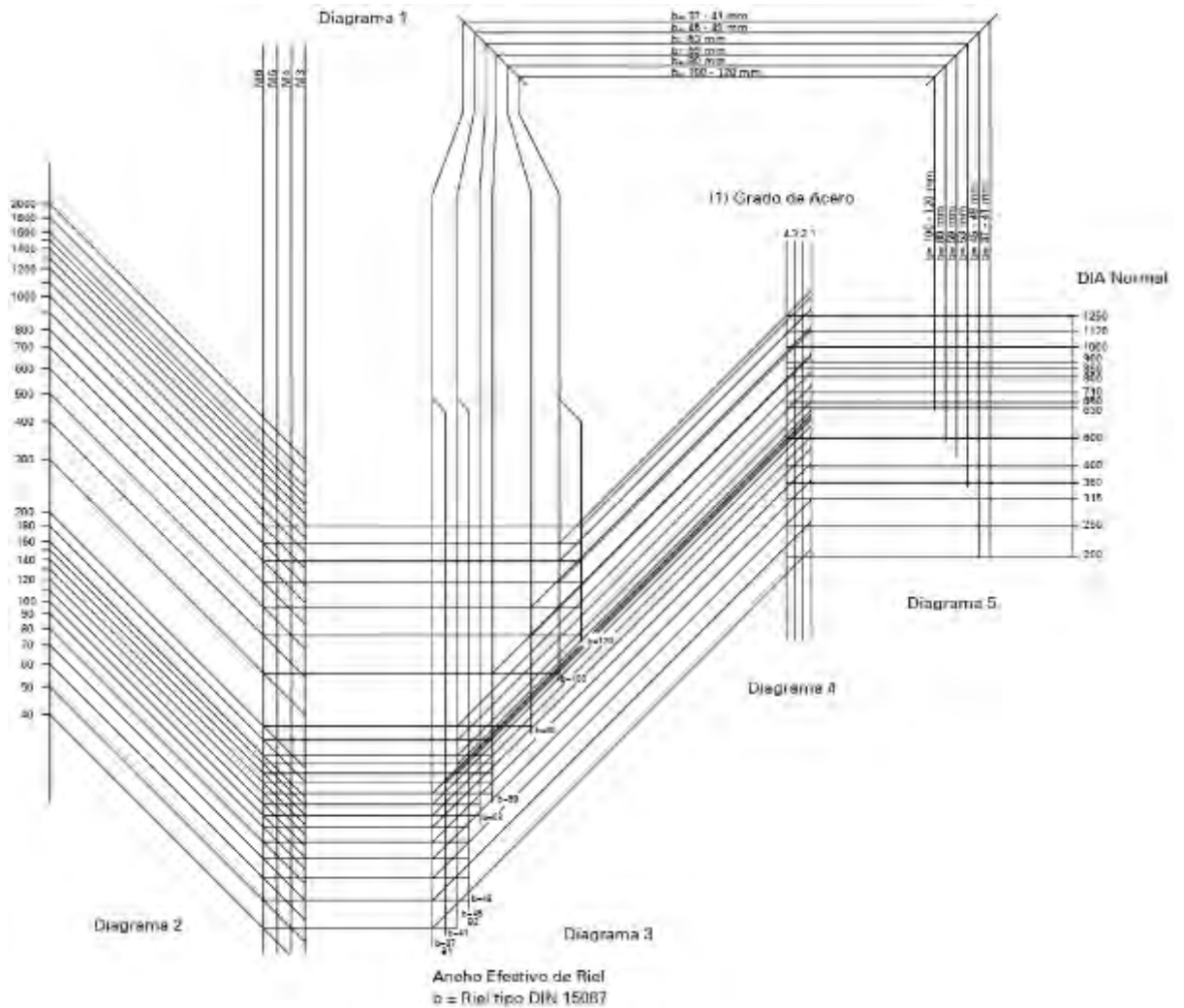
- Areiza Martinez, R. A. (2014). *Modelado, Simulacion y Desarrollo de un Analisis de eficiencia Energetica en un Horno Ladrillero Tipo Boveda en condiciones de Estado Estacionario*.
- Blanco Romero, M. E. (2018). *Metodologia de Diseño de Maquinas Apropriadas para Contextos de Comunidades en Desarrollo*. Barcelona.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. (2018). *Diseño en Ingenieria Mecanica de Shigley*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Carrillo Li, E. R. (2017). *Análisis de cargas en un "bogie" remolcado*. Tesis PUCP.
- Cengel, Y. y. (2011). *Transferencia de calor y masa*. México.
- EELA. (2011). *Caracterizacion de los Hornos Usados en la Industria Ladrillera*.
- Espinoza Montes, C. (2010). *Metodologia de Investigacion Tecnologica*. Huancayo, Peru.
- García Pacheco, G. E., & Pañi Riera, L. X. (2013). *Optimización de eficiencia energética de la leña (Eucalyptus globulus) como combustible en un modelo de horno de ladrillo artesanal, a través del análisis y modificación de las características del combustible*. Cuenca, Ecuador.
- Gere, J., & Goodno, B. (2009). *Mecanica de Materiales* (Septima ed.). Santa Fe: Cengage Learning.
- Henriques, M. (2015). Hornos eficientes en la industria ladrillera en Brasil. *Instituto Nacional de Tecnologia*, 25-30.
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Lázaro Meza, C. J. (2014). *Reduccion del Consumo de Madera como Combustible para el Proceso de Coccion Artesanal de Ladrillos*. Tesis PUCP.

- Mendoza Narvaez, T. (2000). *Diseño de un sistema de Secado Artificial para la Produccion de la Ladrillera La Victoria*.
- Monroe Gere, J. (2009). *Mecánica de materiales*.
- OEFA. (2018). *Diagnostico Situacional de las Actividades de Fabricacionde Ladrillo en las Comunidades de Sucso Auccaylle, Picol Orcompujio y Pillao Matao del distrito de San Jeronimo, Provincia y departament de Cusco*. Diagnostico Situacional, OEFA, Cusco.
- Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., & Sapag P., J. M. (2014). *Preparacion y evaluacion de Proyectos* (Sexta ed.). DF, Mexico: Mc Graw Hill.
- Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., & Sapag Puelma, J. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (Sexta edición ed.).
- Siccha Machado, G. E. (2023). *Modelación de un vagón de transferencia de 80 toneladas de capacidad para el transporte de barras de contruccion*. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa.
- Soto, P., & Yañez, R. (2006). *Diseño de un horno túnel para el procesamiento de productos rojos utilizando gas natural en la comunidad de Piñipampa/ (Proyecto tecnológico)*.
- Suma, C., Gutierrez, J., & Suma, r. (2008). *Estudio de Definicion de Tipo de Horno Apropiado para el Sector Ladrillero*.

ANEXOS

ANEXO A: FIGURAS

Anexo A.1. Diagrama para Determinar Dn de Rueda



Nota: Adaptado del Catálogo Técnico Rev. 5(p,5), por Miguel Abad componentes de grúas, 2020.

Anexo A.2. Especificación Técnica de Rodamiento de una hilera de rodillos cónicos

30310

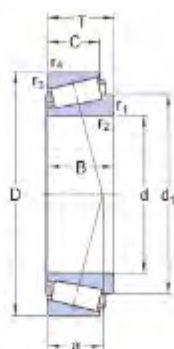


30310

Rodamiento de una hilera de rodillos cónicos

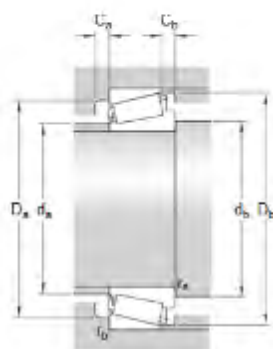
Los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos están diseñados para admitir cargas radiales y axiales combinadas, y proporcionar una baja fricción durante el funcionamiento. El aro interior, con rodillos y jaula, puede montarse por separado del aro exterior. Estos componentes desmontables e intercambiables facilitan el montaje, el desmontaje y el mantenimiento. Al montar un rodamiento de una hilera de rodillos cónicos contra otro y aplicar una precarga, se puede conseguir una aplicación de rodamiento rígido.

- Alta capacidad de carga radial y axial
- soportan cargas axiales en un sentido
- baja fricción y larga vida útil
- componentes desmontables e intercambiables



Dimensiones

d	50 milímetros	Diámetro del agujero
D	110 milímetros	Diámetro exterior
T	29,25 milímetros	Ancho total
d _{ia}	~ 77,2 milímetros	Diámetro del resalte del aro interior
B	27 milímetros	Interior de Ancho del Aro
d ₀	23 milímetros	Exterior de Ancho del Aro
r _{1,2}	min. 2,5 mm	Dimensión del chaflán del aro interior
r _{3,4}	min. 2 mm	Dimensión del chaflán del aro exterior
a	22,55 milímetros	Distancia de la cara lateral al punto de presión



Dimensiones de los resaltes

d _a	máx. 66 mm	Diámetro del resalte del eje
d _b	min. 61 mm	Diámetro del resalte del eje
D _a	min. 95 mm	Diámetro del resalte del soporte
D _b	máx. 101 mm	Diámetro del resalte del soporte
D _b	min. 102 mm	Diámetro del resalte del soporte
C _a	min. 4 mm	Ancho mínimo de espacio requerido en el soporte en la cara lateral grande
C _b	min. 6 mm	Ancho mínimo del espacio requerido en el soporte en la cara lateral pequeña
r _a	máx. 2,5 mm	Radio de acuerdo del eje
r _b	máx. 2 mm	Radio de acuerdo del soporte

Datos del cálculo

Clase de rendimiento SKF		Explorador SKF
Capacidad de carga dinámica básica	d_0	154 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	140 kN
Carga límite de fatiga	P_u	16,6 kN
Velocidad de referencia		5300 rpm
Velocidad límite		6300 rpm
Valor límite	m_i	0,35
Factor de cálculo	Y	1,7
Factor de cálculo	Y_0	0,9

Nota: Adaptado del Catálogo SKF Rodamientos (“SKF”), por SKF, 2023.

Anexo A.3. Especificación Técnica de Tuerca KM 10

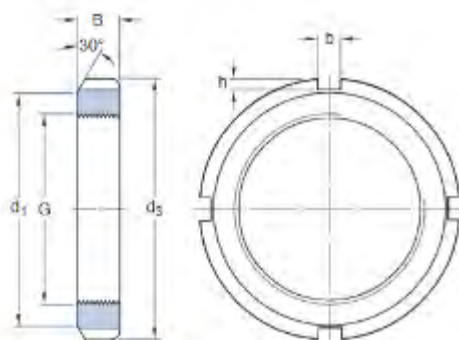


km 10

Tuerca de fijación con rosca métrica, para fijación con arandela

Las tuercas de fijación KM y KML se usan para fijar los rodamientos sobre el eje. Tienen roscas métricas y cuatro ranuras equidistantes alrededor de su circunferencia para permitir el uso de una llave inglesa. Deben fijarse con una arandela de fijación para evitar que se afloje involuntariamente. Las tuercas de fijación KM y KML pueden reutilizarse, siempre que no estén dañadas.

- Elemento de fijación sencillo, estable y confiable
- fácil de instalar y desmontar
- reutilizable con una arandela de fijación nueva
- disponible para rosca M 10x0,75 a M 200x3 (tamaños 0 a 40)



Dimensiones

GRAMO	M50x1,5	Rosca
$d_{\text{e}3}$	70 milímetros	Diámetro exterior
B	11 milímetros	Ancho
$d_{\text{e}1}$	61 milímetros	Diámetro de la cara lateral de fijación
b	6 milímetros	Ancho de la ranura de fijación
h	2,5 milímetros	Profundidad de la ranura de fijación

Datos del cálculo

Capacidad de carga estática axial	91,5 kN
-----------------------------------	---------

Nota: Adaptado del Catálogo SKF Tuercas de fijación (“SKF”), por SKF, 2023.

Anexo A.4. Especificación Técnica de Arandela de Fijación MB10

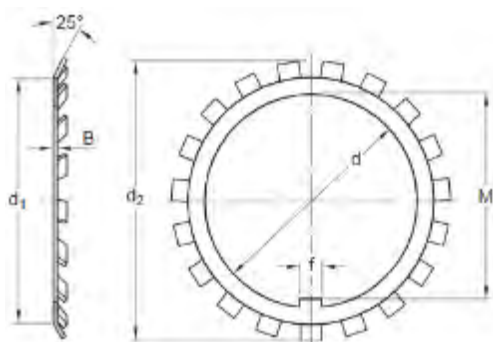
MB 10

Arandela de fijación para tuercas de fijación métricas



Las arandelas de seguridad MB y MBL son dispositivos de bloqueo que se utilizan para fijar las tuercas de seguridad KM, KML y HM...T a un eje o manguito adaptador, evitando que se aflojen accidentalmente. La arandela MB...A es una versión más resistente de la arandela MB. Las arandelas de seguridad se acoplan a una ranura en la rosca del eje o manguito adaptador. Fijan la tuerca en su posición cuando una de las pestañas de la arandela se dobla en una de las ranuras del diámetro exterior de la tuerca de seguridad. Se debe utilizar una arandela de seguridad nueva cada vez que se instale la tuerca de seguridad correspondiente.

- Elemento de fijación sencillo, estable y fiable.
- Fácil de instalar y quitar.
- Se utiliza para tuercas de seguridad KM, KML y HM.



Dimensiones

d	50 milímetros	Diámetro del agujero
$d_{\text{e}1}$	61 milímetros	Diámetro de la cara lateral
$d_{\text{e}2}$	74 milímetros	Diámetro exterior
B	1,25 milímetros	Espesor del material
F	6 milímetros	Ancho de la lengüeta interior
METRO	47,5 milímetros	Dimensión interior debajo de la lengüeta interior

Nota: Adaptado del Catálogo SKF Arandela de fijación (“SKF”), por SKF, 2023.

Anexo A.5. Especificación Técnica de Sello Radial de Ejes



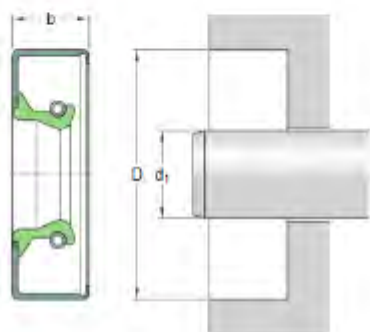
45X65X8 CRW1 V

Sello radial del eje con carcasa metálica y labio SKF Wave, para aceite o grasa

Los sellos radiales del eje se usan entre los componentes giratorios y fijos de la máquina, o entre componentes en un movimiento relativo. Los sellos CRW1 están diseñados con una carcasa metálica, un labio SKF WAVE de elastómero con una tasa de bombeo superior para reducir la generación de calor, y un muelle toroidal para optimizar el sellado contra el eje. La mayoría de los sellos cuentan con el recubrimiento SKF Bore Tite en el diámetro exterior, que ayuda a llenar pequeñas imperfecciones en el agujero del soporte.

- Para aceite o grasa
- con muelle toroidal
- el labio WAVE crea una velocidad de bombeo superior
- el labio WAVE tiene menos fricción entre el eje y el labio
- el labio WAVE tiene una menor temperatura en el punto de contacto

Tipo de diámetro exterior	Con carcasa metálica con revestimiento sellador en el diámetro externo
Material del labio	Caucho fluorado (FKM)
Diseño de los sellos	CRW1



Dimensiones

d_1	45 milímetros	Diámetro del eje
D	65 milímetros	Diámetro del agujero del soporte
b	8 milímetros	Ancho del sello

Aplicación y condiciones de funcionamiento

Temperatura de funcionamiento	min. -25 °C
Temperatura de funcionamiento	máx. 200 °C
Velocidad periférica	máx. 24 m/s
Velocidad de giro	máx. 10 200 r/min
Diferencial de presión	0,07 N/mm ²

Nota: Adaptado del Catálogo SKF Sello radial de ejes (“SKF”), por SKF, 2023.

ANEXO B. TABLAS

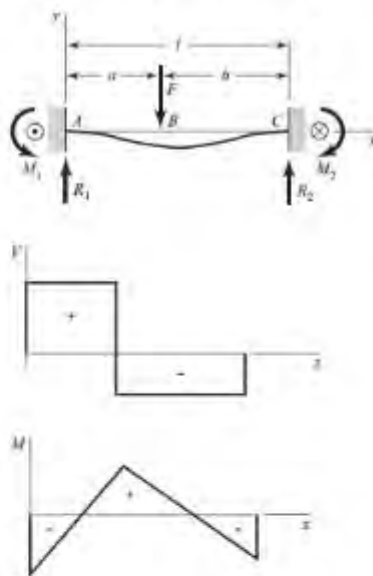
Anexo B.1. Método de Superposición

Tabla A-9

Cortante, momento y deflexión de vigas
(continuación)

(Nota: La fuerza y las reacciones de momento son positivas en las direcciones que se muestran; las ecuaciones de la fuerza cortante V y el momento cortante M siguen las convenciones de signos que se dieron en la sección 3-2.)

15 Un apoyo fijo y el otro simple: carga central



$$R_1 = \frac{Fb^2}{l^3}(3a + b) \quad R_2 = \frac{Fa^2}{l^3}(3b + a)$$

$$M_1 = \frac{Fab^2}{l^2} \quad M_2 = \frac{Fa^2b}{l^2}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

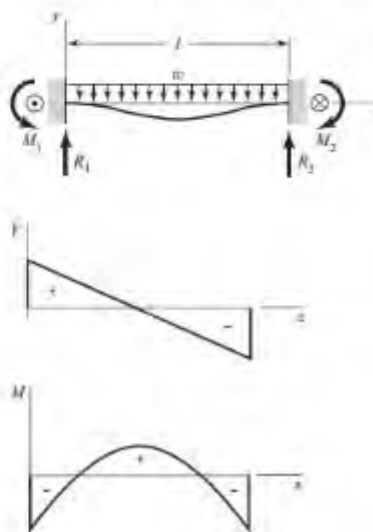
$$M_{AB} = \frac{Fb^2}{l^3}[x(3a + b) - a^2]$$

$$M_{BC} = M_{AB} - F(x - a)$$

$$y_{AB} = \frac{Fb^2x^2}{6EI l^3}[x(3a + b) - 3a^2]$$

$$y_{BC} = \frac{Fa^2(l-x)^2}{6EI l^3}[(l-x)(3b + a) - 3b^2]$$

16 Un apoyo fijo y el otro simple: carga intermedia



$$R_1 = R_2 = \frac{wl}{2} \quad M_1 = M_2 = \frac{wl^2}{12}$$

$$V = \frac{w}{2}(l - 2x)$$

$$M = \frac{w}{12}(6lx - 6x^2 - l^2)$$

$$y = -\frac{wx^2}{24EI}(l - x)^2$$

$$y_{\max} = -\frac{wl^4}{384EI}$$

Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,1012), por Budynas, 2015, McGrawHillEducation.

Anexo B.2. Medidas y Propiedades de Perfiles

TABLA E.3(a) PROPIEDADES DE SECCIONES EN CANAL (PERFILES C): UNIDADES INGLESAS (LISTA CONDENSADA)

Designación	Peso por pie	Área	Peralte	Espesor del alma	Patín		Eje 1-1			Eje 2-2			
					Ancho	Espesor promedio	I	S	r	I	S	r	c
C 15 × 50	50.0	14.7	15.0	0.716	3.72	0.650	404	53.8	5.24	11.0	3.77	0.865	0.799
C 15 × 40	40.0	11.8	15.0	0.520	3.52	0.650	348	46.5	5.45	9.17	3.34	0.883	0.778
C 15 × 33.9	33.9	10.0	15.0	0.400	3.40	0.650	315	42.0	5.62	8.07	3.09	0.901	0.788
C 12 × 30	30.0	8.81	12.0	0.510	3.17	0.501	162	27.0	4.29	5.12	2.05	0.762	0.674
C 12 × 25	25.0	7.34	12.0	0.387	3.05	0.501	144	24.0	4.43	4.45	1.87	0.779	0.674
C 12 × 20.7	20.7	6.08	12.0	0.282	2.94	0.501	129	21.5	4.61	3.86	1.72	0.797	0.698
C 10 × 30	30.0	8.81	10.0	0.673	3.03	0.436	103	20.7	3.42	3.93	1.65	0.668	0.649
C 10 × 25	25.0	7.34	10.0	0.526	2.89	0.436	91.1	18.2	3.52	3.34	1.47	0.675	0.617
C 10 × 20	20.0	5.87	10.0	0.379	2.74	0.436	78.9	15.8	3.66	2.80	1.31	0.690	0.606
C 10 × 15.3	15.3	4.48	10.0	0.240	2.60	0.436	67.3	13.5	3.87	2.27	1.15	0.711	0.634
C 8 × 18.7	18.7	5.51	8.00	0.487	2.53	0.390	43.9	11.0	2.82	1.97	1.01	0.598	0.565
C 8 × 13.7	13.7	4.04	8.00	0.303	2.34	0.390	36.1	9.02	2.99	1.52	0.848	0.613	0.554
C 8 × 11.5	11.5	3.37	8.00	0.220	2.26	0.390	32.5	8.14	3.11	1.31	0.775	0.623	0.572
C 6 × 13	13.0	3.81	6.00	0.437	2.16	0.343	17.3	5.78	2.13	1.05	0.638	0.524	0.514
C 6 × 10.5	10.5	3.08	6.00	0.314	2.03	0.343	15.1	5.04	2.22	0.860	0.561	0.529	0.500
C 6 × 8.2	8.20	2.39	6.00	0.200	1.92	0.343	13.1	4.35	2.34	0.687	0.488	0.536	0.512
C 4 × 7.2	7.20	2.13	4.00	0.321	1.72	0.296	4.58	2.29	1.47	0.425	0.337	0.447	0.459
C 4 × 5.4	5.40	1.58	4.00	0.184	1.58	0.296	3.85	1.92	1.56	0.312	0.277	0.444	0.457

Nota: Adaptado del libro de Mecánica de materiales Séptima Edición(p,977), por James M. Gere, 2009, Cengage Learning Editores.

Anexo B.3. Deflexiones y pendientes de vigas simples

TABLA G.2 DEFLEXIONES Y PENDIENTES DE VIGAS SIMPLES

$EI = \text{constante}$

v = deflexión en la dirección y (positiva hacia arriba)
 $v' = dv/dx$ = pendiente de la curva de deflexión
 $\delta_C = -v(L/2)$ = deflexión en el punto medio C de la viga (positiva hacia abajo)
 x_1 = distancia del apoyo A al punto de deflexión máxima
 $\delta_{\text{máx}} = -v_{\text{máx}}$ = deflexión máxima (positiva hacia abajo)
 $\theta_A = -v'(0)$ = ángulo de rotación en el extremo izquierdo de la viga (positivo en el sentido de las manecillas del reloj)
 $\theta_B = v'(L)$ = ángulo de rotación en el extremo derecho de la viga (positivo en el sentido de las manecillas del reloj)

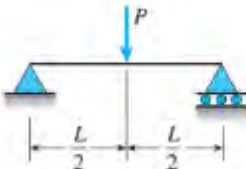
1

$$v = -\frac{qx}{24EI}(L^3 - 2Lx^2 + x^3)$$

$$v' = -\frac{q}{24EI}(L^3 - 6Lx^2 + 4x^3)$$

$$\delta_C = \delta_{\text{máx}} = \frac{5qL^4}{384EI} \quad \theta_A = \theta_B = \frac{qL^3}{24EI}$$


4



$$v = -\frac{Px}{48EI}(3L^2 - 4x^2) \quad v' = -\frac{P}{16EI}(L^2 - 4x^2) \quad \left(0 \leq x \leq \frac{L}{2}\right)$$

$$\delta_C = \delta_{\max} = \frac{PL^3}{48EI} \quad \theta_A = \theta_B = \frac{PL^2}{16EI}$$

10



$$v = -\frac{M_0x}{2EI}(L-x) \quad v' = -\frac{M_0}{2EI}(L-2x)$$

$$\delta_C = \delta_{\max} = \frac{M_0L^2}{8EI} \quad \theta_A = \theta_B = \frac{M_0L}{2EI}$$

Nota: Adaptado del libro de Mecánica de materiales Séptima Edición(p,987), por James M. Gere, 2009, Cengage Learning Editores.

Anexo B.4. Tamaños mínimos de soldaduras en filete

Tabla 7.7
Tamaños mínimos de soldaduras en filete (ver 7.13)

Espesor del metal base (T) ^a		Tamaño mínimo de soldadura en filete ^b	
pulg.	mm	pulg.	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	1/8 ^c	3 ^c
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	3/16	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12 < T \leq 20$	1/4	6
$3/4 < T$	4	5/16	8

^a En el caso de los procesos que no son de bajo hidrógeno y no tienen precalentamiento calculado de conformidad con 6.8.4, T es igual al espesor de la parte más gruesa unida; se deben utilizar soldaduras de pasada única.

Tanto en los procesos de bajo hidrógeno como en los que no lo son y están establecidos para evitar el agrietamiento de conformidad con 6.8.4, T es igual al espesor de la parte unida más delgada; no se aplica el requisito de pasada única.

^b Excepto que no es necesario que el tamaño de la soldadura supere el espesor de la parte más delgada unida.

^c El tamaño mínimo para las estructuras cargadas ciclicamente debe ser de 3/16 pulg. [5 mm].

Nota: Adaptado del libro de Código de soldadura estructural - acero 24^a edición (p,207), American Welding Society, 2020.

Anexo B.5. Propiedades mínimas del metal de aporte.

Tabla 9-3

Propiedades mínimas del metal de aporte

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

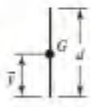
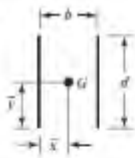
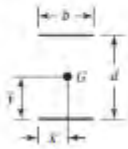
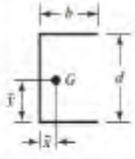
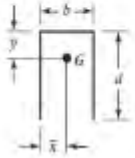
* Sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. En este sistema se usa como prefijo la letra E, en un sistema de numeración de cuatro o cinco dígitos en el cual los primeros dos o tres números designan la resistencia aproximada a la tensión. El último dígito incluye variables en la técnica de soldadura, como la fuente de corriente. El penúltimo dígito indica la posición de la soldadura, por ejemplo, plana, vertical o sobre la cabeza. El conjunto completo de especificaciones se puede obtener solicitándolo a la AWS.

Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,459), por Budynas, 2015, McGrawHillEducation.

Anexo B.6. Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete.

Tabla 9-2

Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete*

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
1. 	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
2. 	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
3. 	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
4. 	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
5. 	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,458), por Budynas, 2015, McGrawHillEducation.

Anexo B.7. Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tabla 9-4
Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{dr}^\dagger$	

* El factor de seguridad n se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.
 † El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de $0.40S_y$ del metal base.

Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,460), por Budynas, 2015, McGrawHillEducation.

Anexo B.8. Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Tabla 9-6
Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete.

		Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)						
		60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial								
$\tau =$		18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal								
$^\dagger f_r =$		12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto h , pulg		Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
		12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
	7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
	3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
	5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
	1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
	7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
	3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
	5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
	1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
	3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
	1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
	1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

* En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AISC-AWS Task Committee.
 $^\dagger f_r = 0.707h_{Tens}$

Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,461), por Budynas, 2015, McGrawHillEducation.

Anexo B.9. Propiedades mecánicas de Canales U de calidad dual



PROPIEDADES MECÁNICAS

Según ASTM A36

Límite de Fluencia mínimo	= 250 MPa (25.5 kg/mm ²)
Resistencia a la Tracción	= 400 - 550 MPa (40.8 - 56.2 kg/mm ²)
Alargamiento en 200 mm	= 20% mínimo

Nota: Adaptado del catálogo de productos y servicios de aceros Arequipa(p,13), 2023.

Anexo B.10. Relación Entre Presión Limite y Tensión de Rodadura

Tensión de Rotura		P lím
Riel	Rueda	
N/mm ²	N/ mm ²	N/ mm ²
590	≤ 330	2,80
	410	3,60
	490	4,50
	590	5,60
≥ 690	≥ 740	7,00

Nota: Adaptado del Catálogo Técnico Rev. 5(p,2), por Miguel Abad componentes de grúas, 2020

Anexo B.11. Coeficiente C1

Tiempo de Operación Diario (Horas)			C ₂
Grupo DIN	Desde %	incluido %	
M 3	0	16	1,25
M 4	16	25	1,12
M 5	25	40	1,00
M 6	40	63	0,90
M 7	63	100	0,80

Nota: Adaptado del Catálogo Técnico Rev. 5(p,2), por Miguel Abad componentes de grúas, 2020

Anexo B.12. Coeficiente C2

Velocidad de Rotación	C ₂	Velocidad de Rotación	C ₂
200,0	0,66	28,0	1,02
160,0	0,72	25,0	1,03
125,0	0,77	22,4	1,04
112,0	0,79	20,0	1,06
100,0	0,82	18,0	1,07
90,0	0,84	16,0	1,09
80,0	0,87	14,0	1,10
71,0	0,89	12,5	1,11
63,0	0,91	11,2	1,12
56,0	0,92	10,0	1,13
50,0	0,94	8,0	1,14
45,0	0,96	6,3	1,15
40,0	0,97	5,6	1,16
35,5	0,99	5,0	1,17
31,5	1,00		

Nota: Adaptado del Catálogo Técnico Rev. 5(p,3), por Miguel Abad componentes de grúas, 2020

Anexo B.13. Coeficiente C2 Real

Diámetro de la Rueda (mm)	Velocidad Lineal (m / min)														
	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250
200	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.66			
250	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.66		
315	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.66	
400	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.66
500	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72
630	1.17	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77
710		1.16	1.14	1.13	1.12	1.10	1.07	1.04	1.02	0.99	0.96	0.92	0.89	0.84	0.79
800		1.17	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82
900			1.16	1.14	1.13	1.12	1.10	1.07	1.04	1.02	0.99	0.96	0.92	0.89	0.84
1000			1.17	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87
1120				1.16	1.14	1.13	1.11	1.10	1.07	1.04	1.02	0.99	0.96	0.92	0.89
1250				1.17	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91

Nota: Adaptado del Catálogo Técnico Rev. 5(p,4), por Miguel Abad componentes de grúas, 2020.

Anexo B.14. Aceleraciones Recomendadas por la Norma CMAA 70

**TABLE 5.2.9.1.2.1-A
GUIDE FOR TRAVEL MOTION
TYPICAL ACCELERATION RATES RANGE¹**

FREE RUNNING FULL LOAD SPEED		α = ACCELERATION RATE (ft/s ²) FOR AC OR DC ² MOTORS
(ft/min)	(ft/s)	
60	1.0	0.25 Min.
120	2.0	0.25–0.80
180	3.0	0.30–1.0
240	4.0	0.40–1.0
300	5.0	0.50–1.1
360	6.0	0.60–1.1
420	7.0	0.70–1.2
480	8.0	0.80–1.3
540	9.0	0.90–1.4
600	10.0	1.0–1.6

Nota: Adaptado Norma CMAA 70-2020(p,69), por Crame Manufacturers Association of American. Inc,2020.

Anexo B.15. Factor de Fricción por Rodadura

**TABLE 5.2.9.1.2.1-D
SUGGESTED VALUES FOR f (FRICTION FACTOR) FOR BRIDGES & TROLLEYS
WITH METALLIC WHEELS & ANTI-FRICTION BEARINGS**

WHEEL DI (in)	36	30	27	24	21	18	15	12	10	8	6
FRICTION f (lb/ton)	10	10	12	12	12	15	15	15	15	16	16

Nota: Adaptado Norma CMAA 70-2020(p,69), por Crame Manufacturers Association of American. Inc,2020.

Anexo B.16. Tabla de factores de concentración de esfuerzos para Calculo de Eje

Tabla 7-1

Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo K_t y K_{ts} . *Advertencia:* Estos factores solo son estimaciones que pueden usarse cuando las dimensiones reales aún no se determinan. *No* utilice estos valores cuando ya cuente con las dimensiones reales.

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.14	3.0	–
Cuñero de patin o trapezoidal	1.7	–	–
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Los valores faltantes en la tabla no pueden obtenerse con facilidad.

Nota: Adaptado del libro de Diseño en ingeniería mecánica Décima Edición(p,348), por Budynas, 2015, McGrawHillEducation.

Anexo B.17. Factor K_c para cálculo de esfuerzos en ejes

**TABLE 4.11.1-2
CRANE CLASS FACTOR**

CRANE CLASS	CRANE CLASS FACTOR K_c
A	1.0
B	1.015
C	1.03
D	1.06
E	1.125
F	1.25

Nota: Adaptado Norma CMAA 70-2020(p,52), por Crane Manufacturers Association of American. Inc,2020.

Anexo B.18. Factor K_{sc} para Calculo de esfuerzos de Ejes

**TABLE 4.11.1-1
SURFACE CONDITION FACTOR**

K_{sc}	SURFACE CONDITION
1.4	For Polished-Heat treated and inspected shafting
1.0	For Machined-Heat treated and inspected shafting
0.75	For Machined-General usage shafting

Nota: Adaptado Norma CMAA 70-2020(p,52), por Crane Manufacturers Association of American. Inc,2020.

Anexo B.19. Valores Recomendado de Factor de aceleración K_t

TABLE 5.2.9.1.2.1-C
RECOMMENDED VALUES OF K_t (ACCELERATING TORQUE FACTOR)

TYPE OF MOTOR	TYPE OF CONTROL	³ K_t
AC Wound Rotor	Contacto-Resistor	⁴ 1.3–1.5
AC Wound Rotor	Static Stepless	⁴ 1.3–1.5
AC Wound Rotor, Mill	Contacto-Resistor	⁴ 1.5–1.7
AC Sq Cage	Ballast Resistor	1.3
AC Induction	Inverter	1.5
DC Shunt Wound	Adjustable Voltage	1.5
DC Series Wound	Contacto-Resistor	2.0

³ K_t is a function of control and/or resistor design.

⁴Low end of range is recommended when permanent slip resistance is used.

Nota: Adaptado Norma CMAA 70-2020(p,69), por Crame Manufacturers Association of American. Inc,2020.

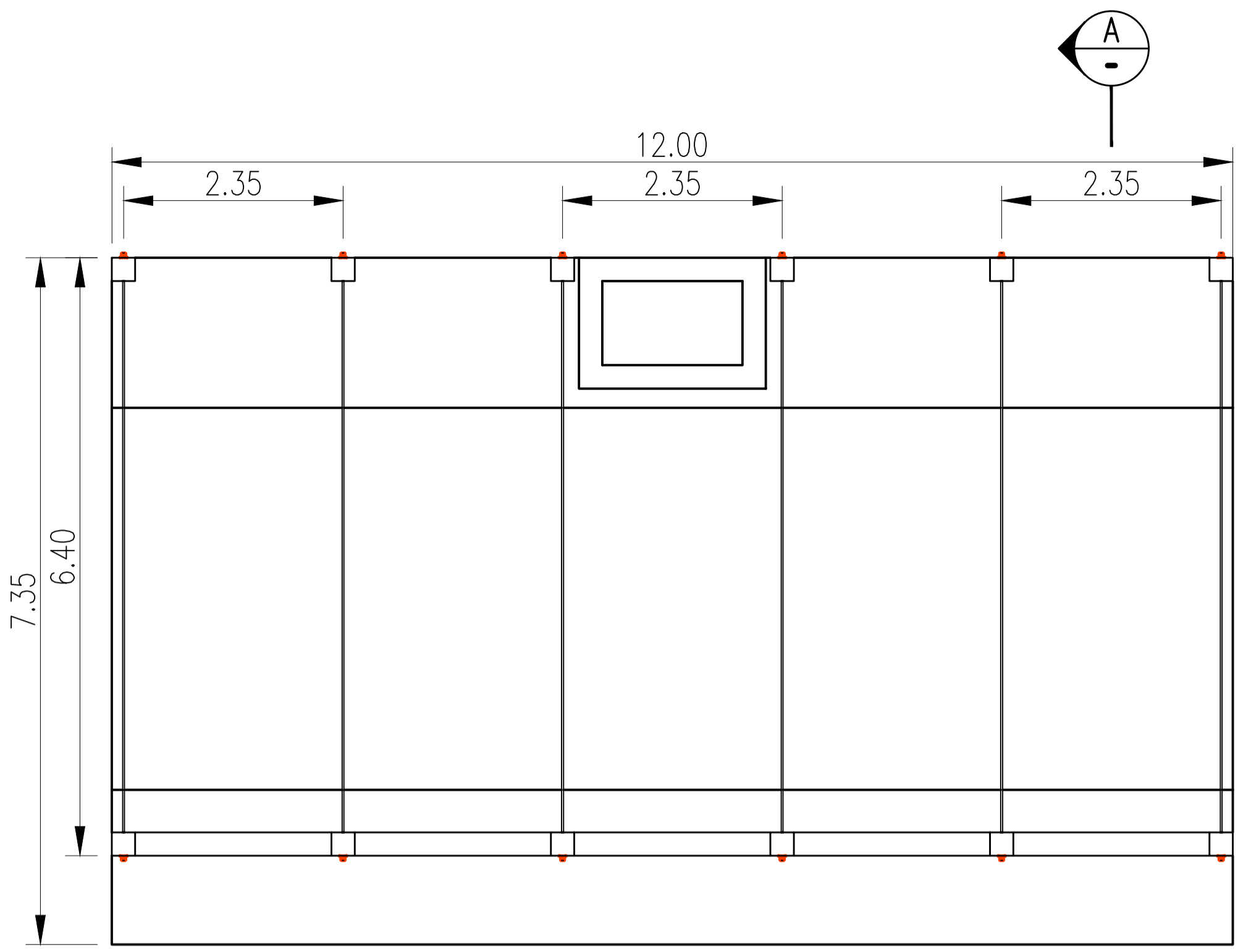
Anexo B.20. Valores Recomendado de Factor de servicio K_s

TABLE 5.2.9.1.2.1-E
RECOMMENDED VALUES OF TRAVEL DRIVE SERVICE CLASS FACTOR ³ K_s

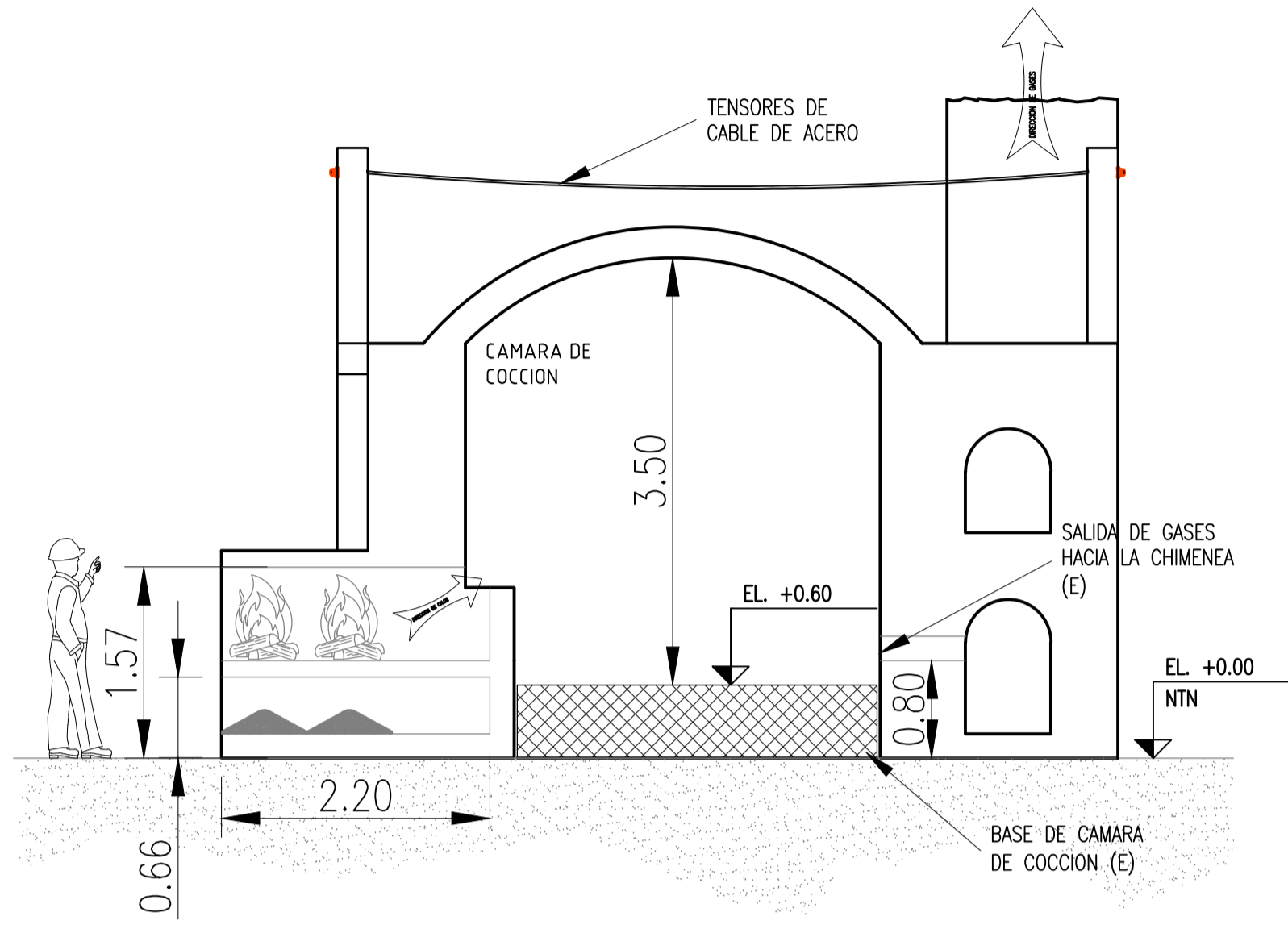
CMAA Service Class	DC Constant Potential w/AISE Series Mill Mtrs ⁴		AC Inverter AC Magnetic	AC Static with fixed Secondary Resistance (Permanent Slip)
	60 Minutes	30 Minutes	Adjustable Voltage with DC Shunt Motors	
A	0.75	1.0	1.0	1.2
B	0.75	1.0	1.0	1.2
C	0.75	1.0	1.0	1.2
D	0.85	1.15	1.1	1.3
E ¹	1.0	N/A	1.2	1.4
F ²	1.4	N/A	1.4	1.6

Nota: Adaptado Norma CMAA 70-2020(p,70), por Crame Manufacturers Association of American. Inc,2020.

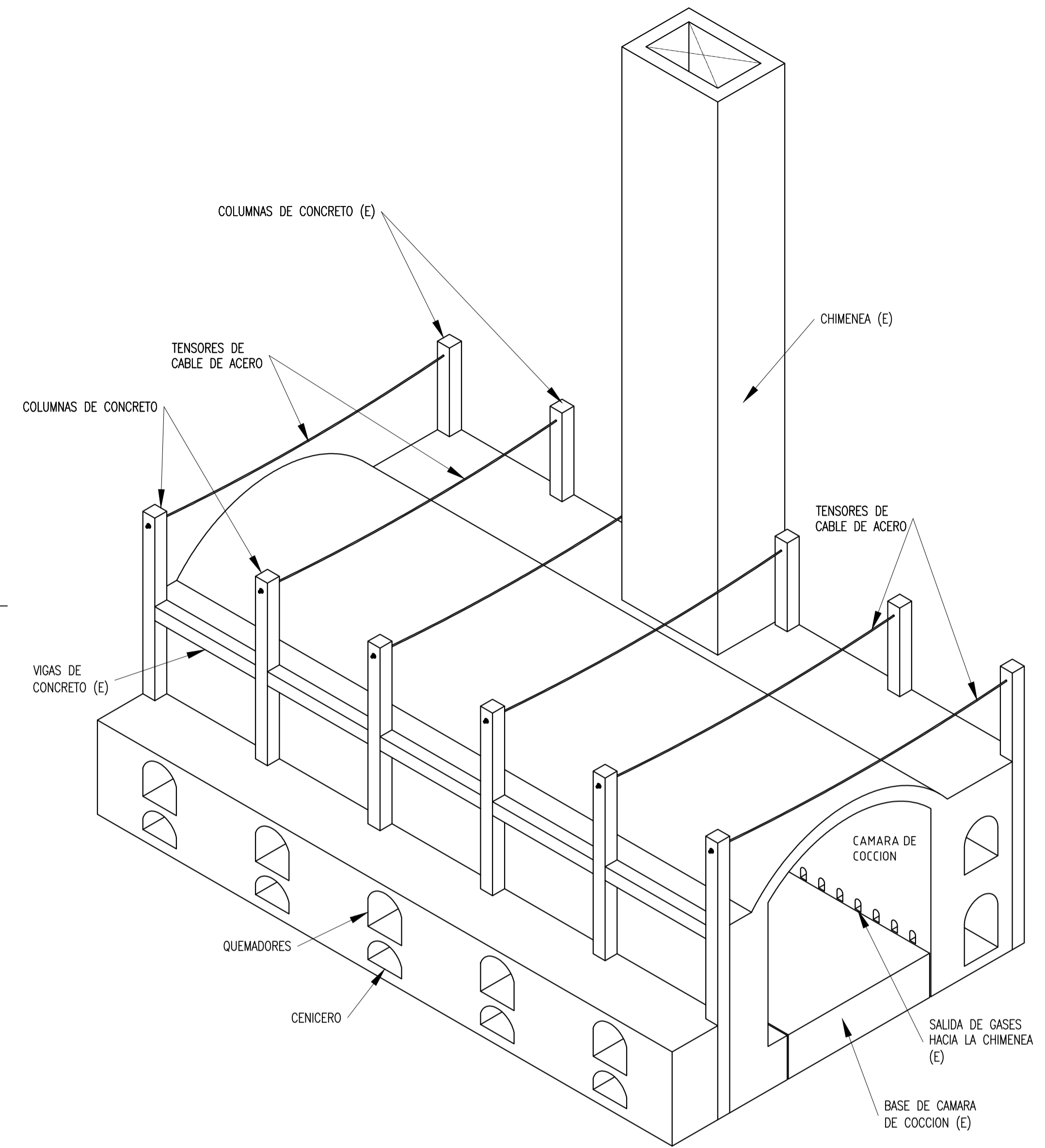
ANEXO C: PLANOS DEL DISEÑO DE LA PLATAFORMA SOBRE RIELES



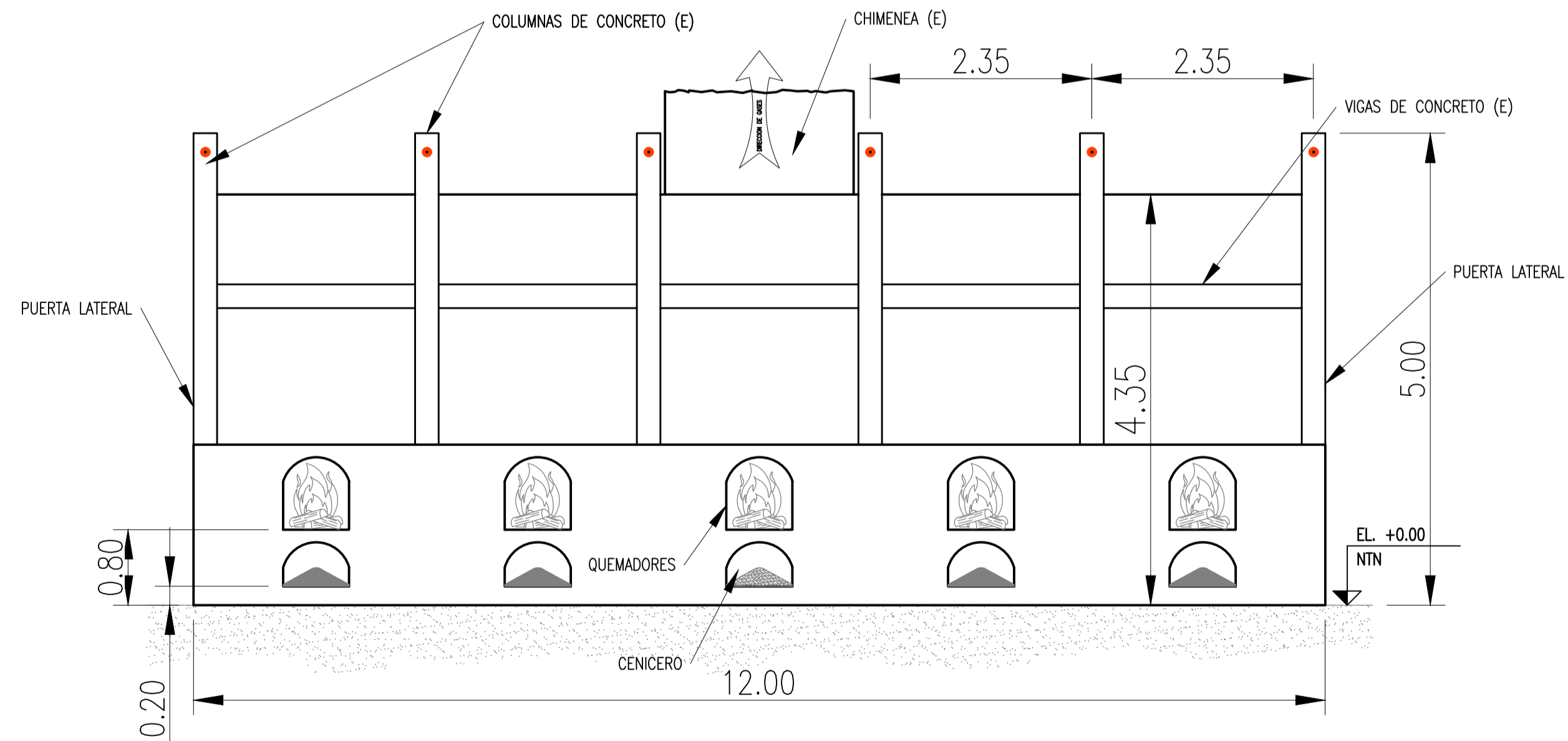
VISTA SUPERIOR DEL HORNO TIPO PAULISTA
ESCALA 1:50



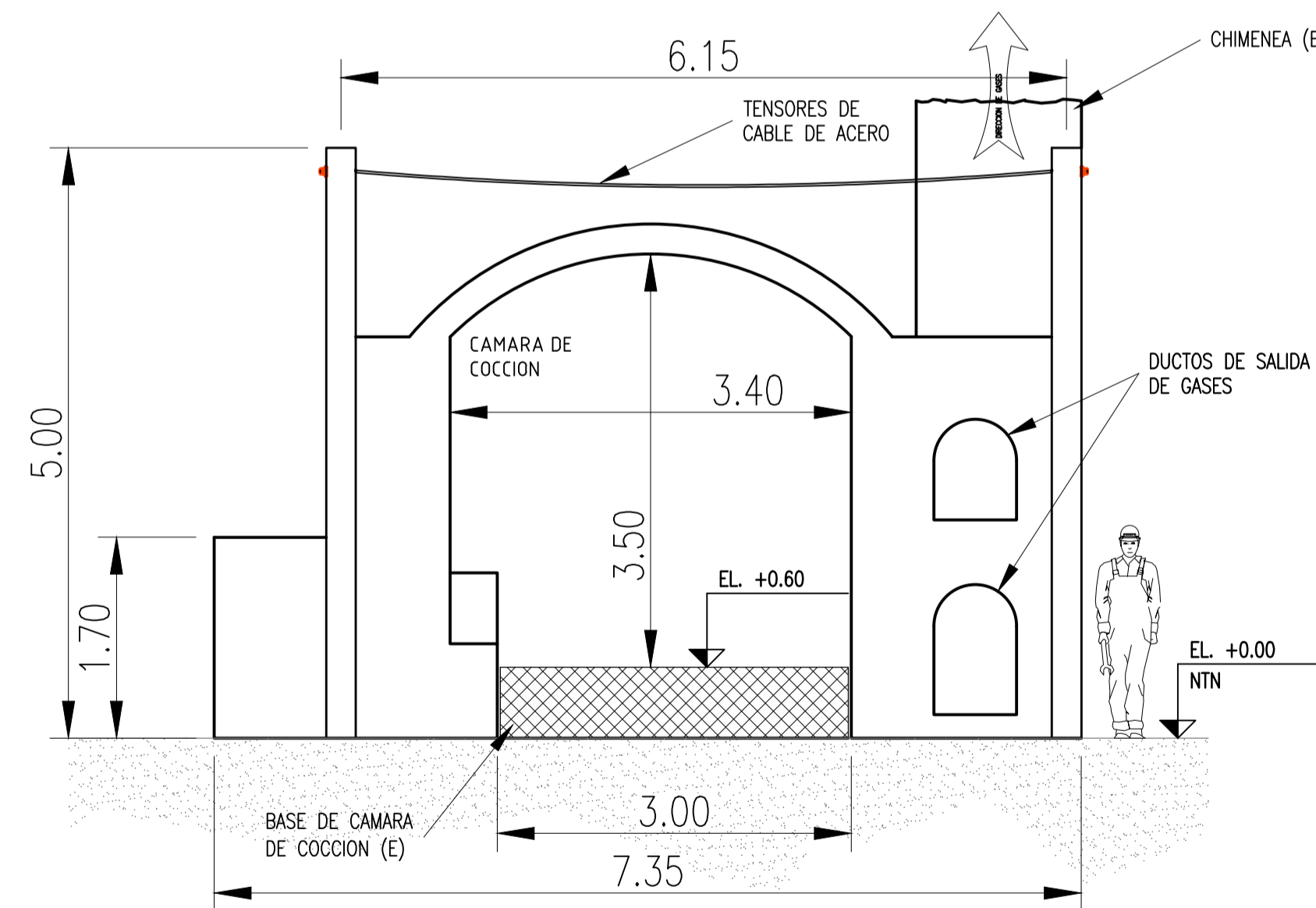
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:50



VISTA ISOMETRICA DEL HORNO
S/E

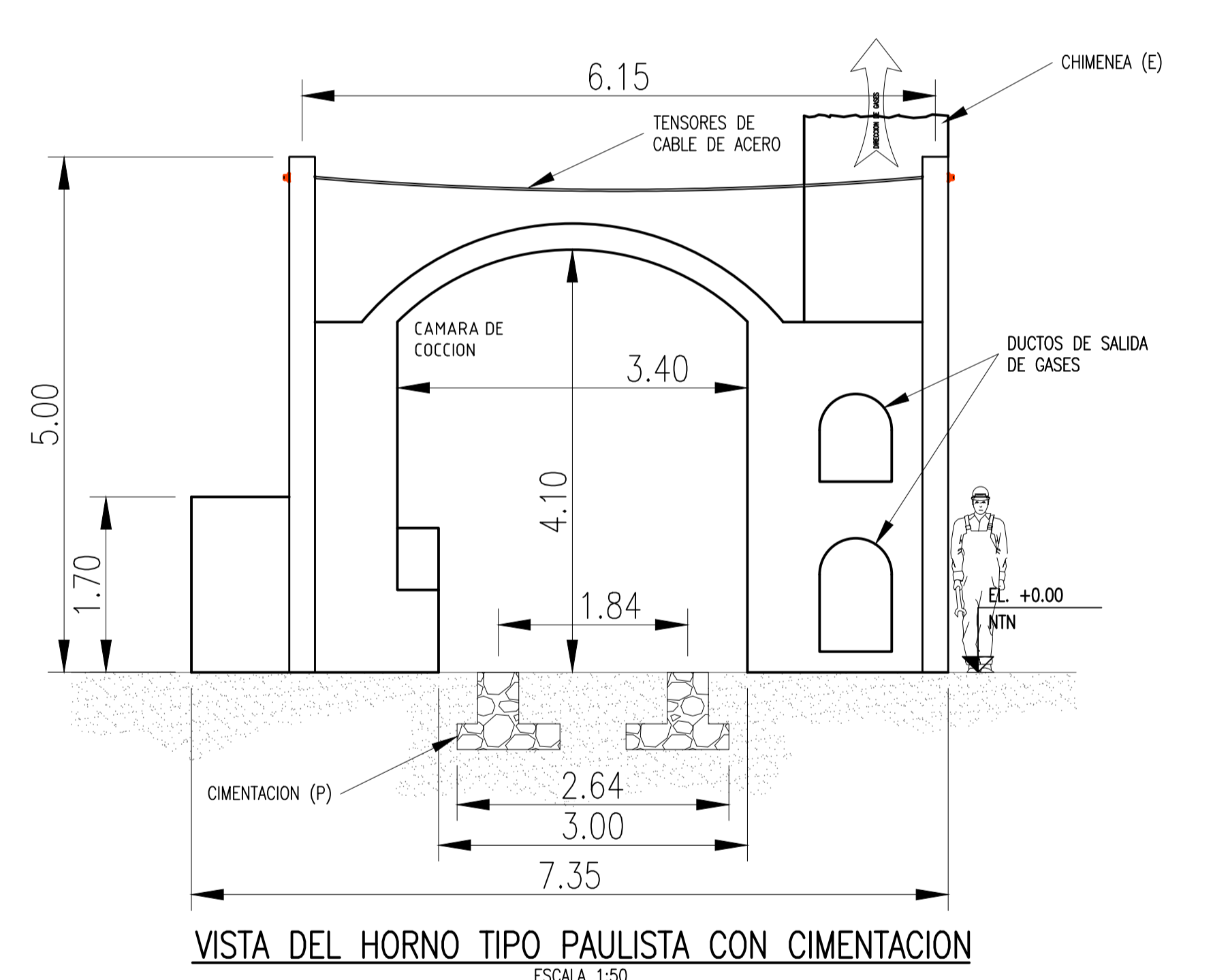
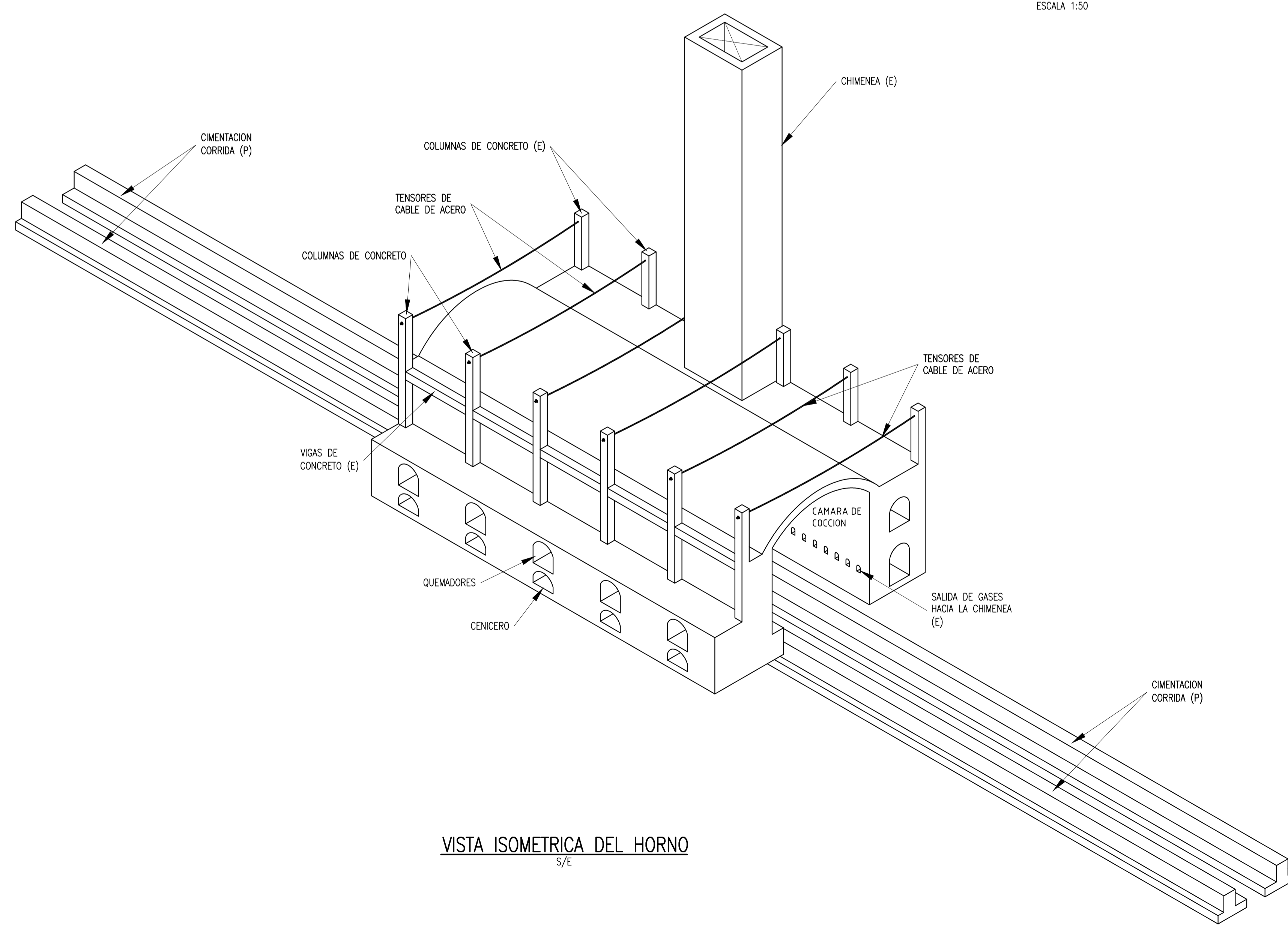
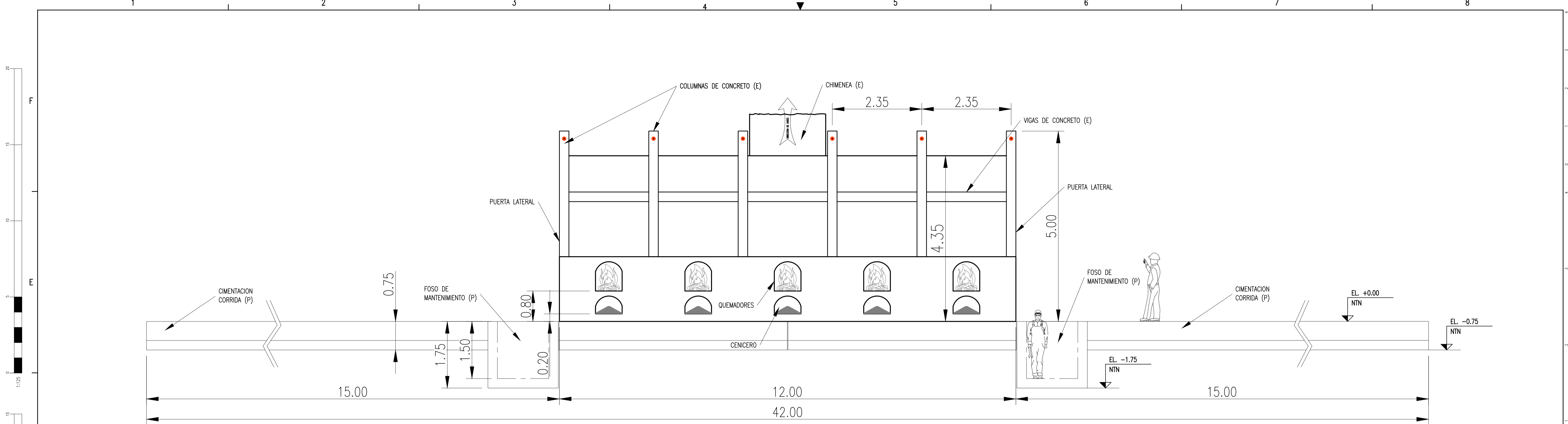


VISTA FRONTAL DEL HORNO TIPO PAULISTA
ESCALA 1:50

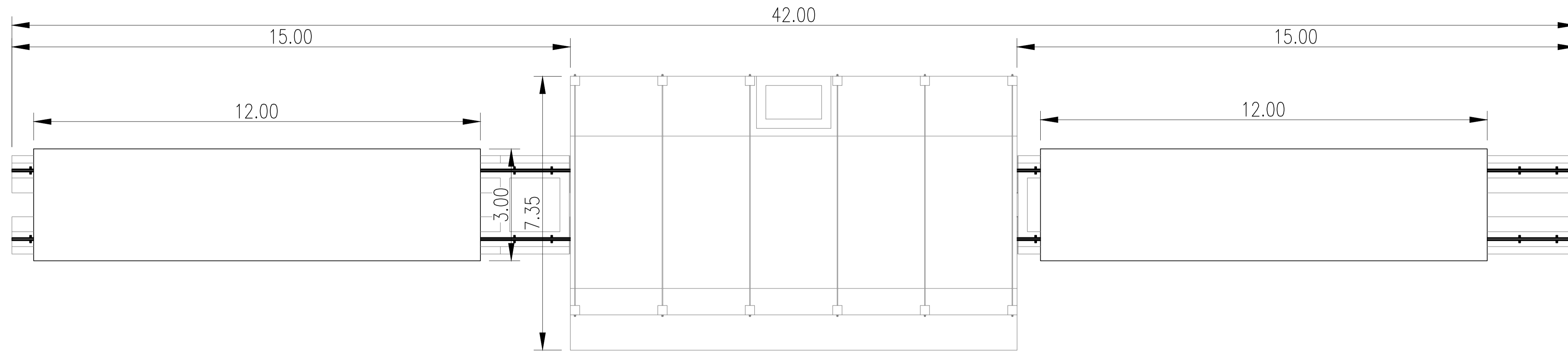


VISTA LATERAL DEL HORNO TIPO PAULISTA
ESCALA 1:50

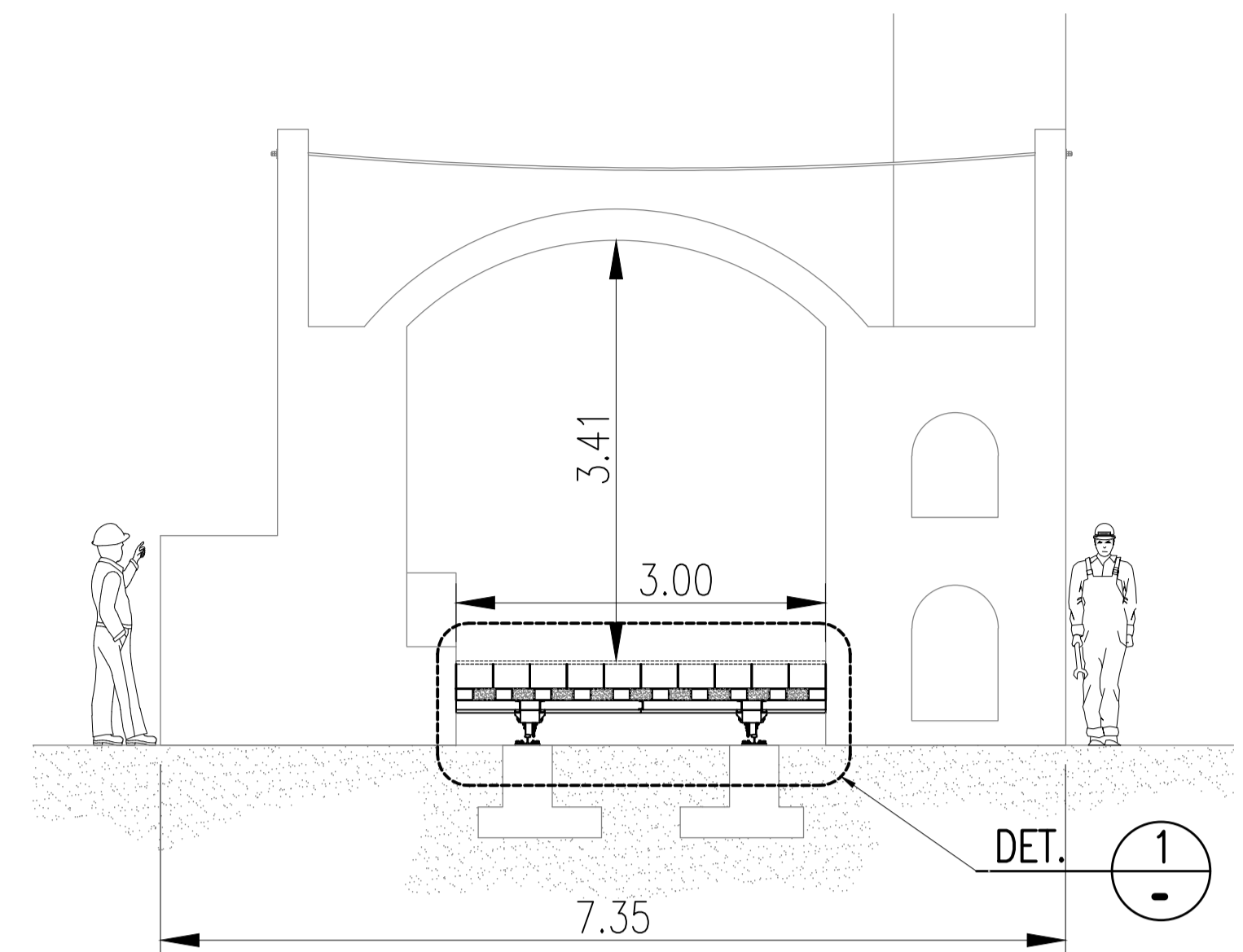
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
METODO DE PROYECCION: CAD/CAE	TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAM, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"	ESCALA: INDICADA	REV.:
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE	CAD/CAE	FECHA: 06 FEB 2025	REV.:
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	MATERIAL: VARIOS	UNIDAD: m	REV.:
		NÚMERO DE PLANO: MC-PT-001	REV.:



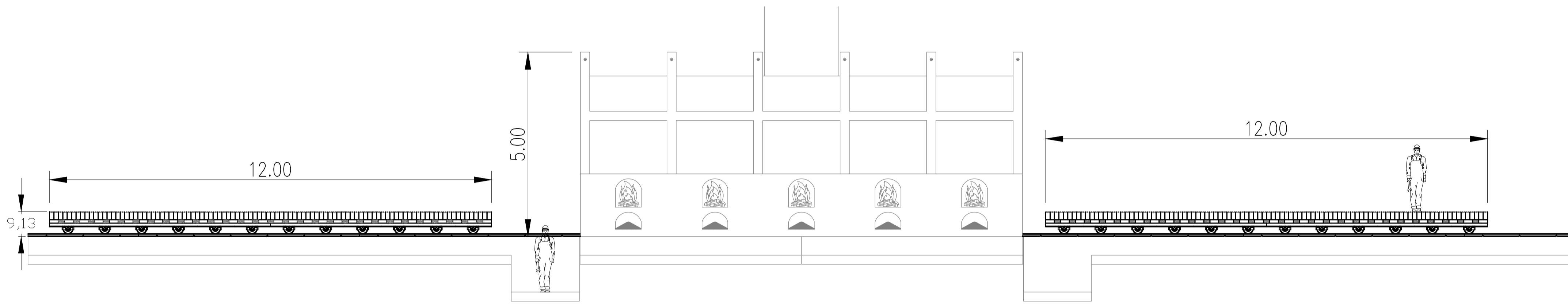
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
METODO DE PROYECCION	TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAM, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"	ESCALA:	INDICADA
	CAD/CAE	FECHA:	06 FEB 2025
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE	MATERIAL:		UNIDAD:
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	VARIOS	m	NÚMERO DE PLANO:
			REV. MC-PT-002



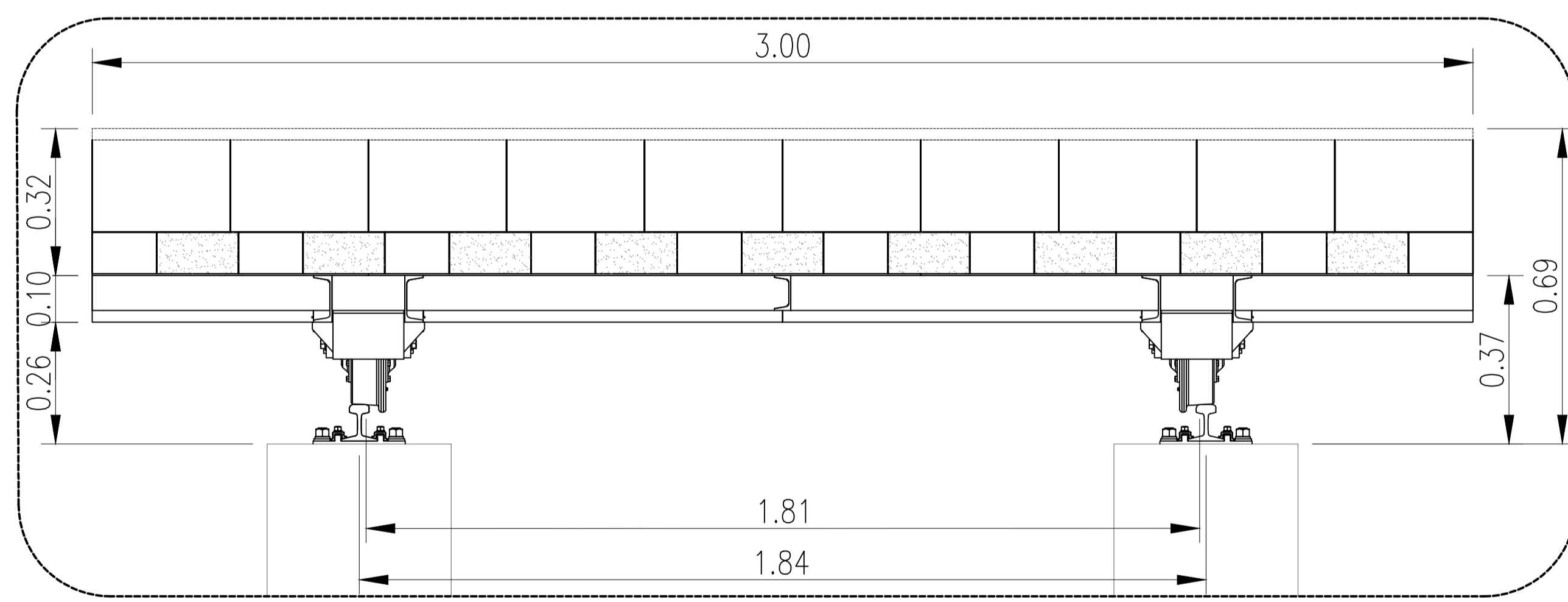
VISTA SUPERIOR DEL HORNO Y PLATAFORMA
ESCALA 1:75



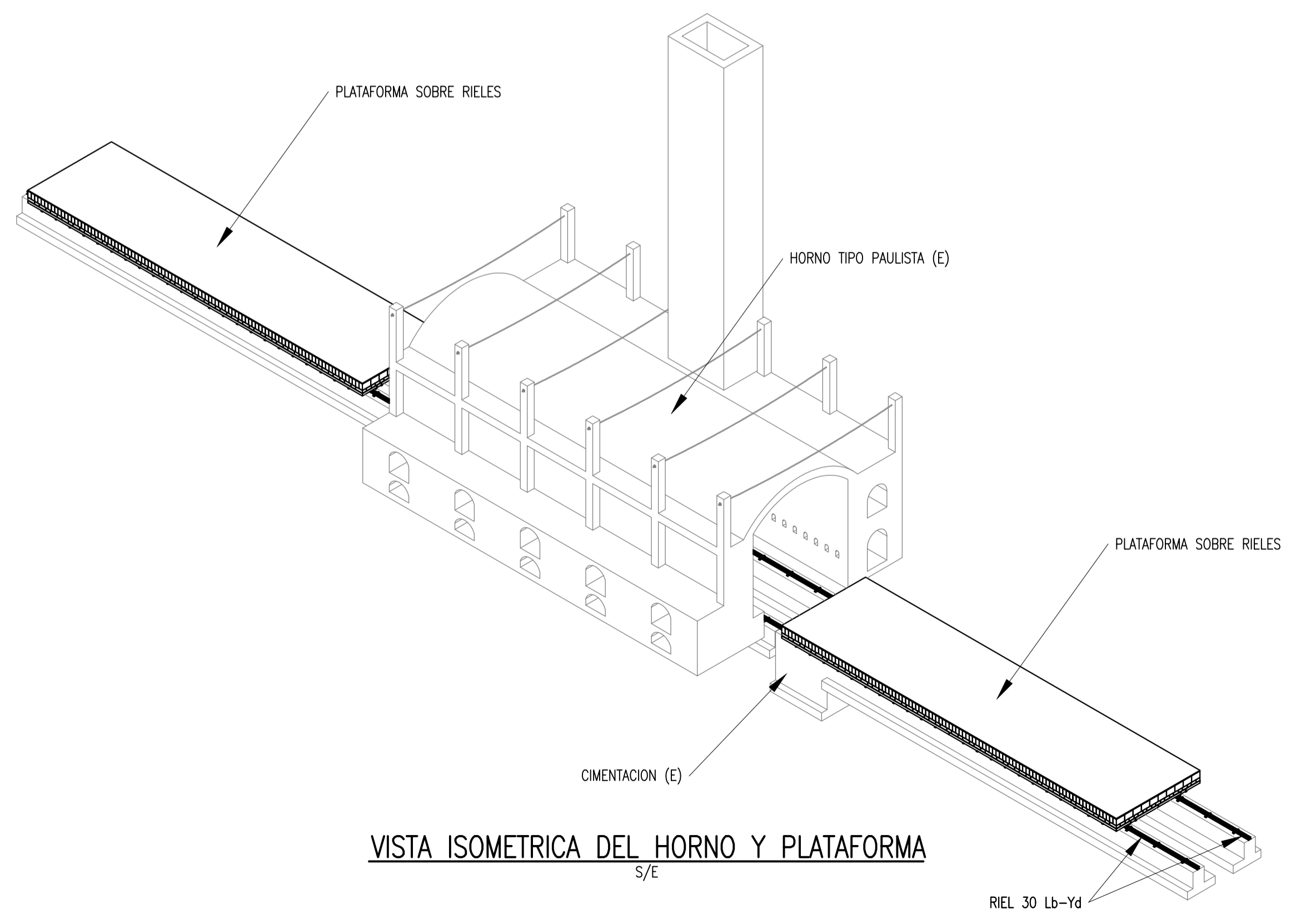
VISTA LATERAL DEL HORNO Y PLATAFORMA
ESCALA 1:50



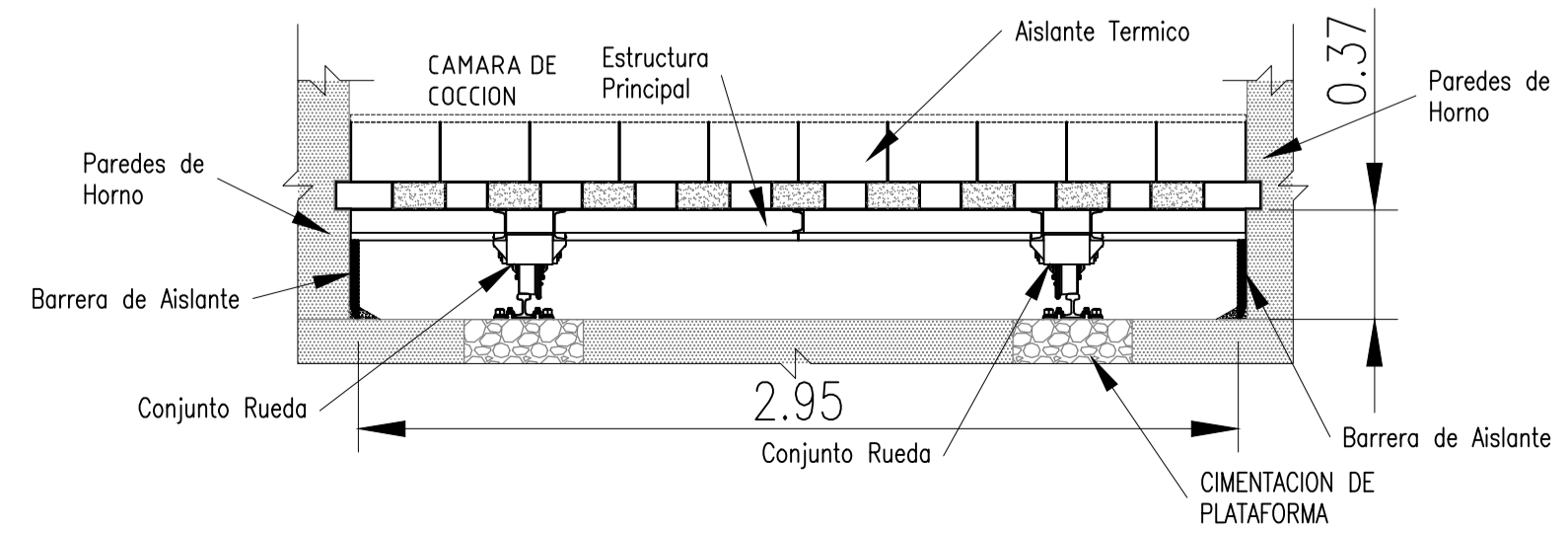
VISTA FRONTAL DEL HORNO Y PLATAFORMA
ESCALA 1:75



DETALLE 1
ESCALA 1:10



VISTA ISOMETRICA DEL HORNO Y PLATAFORMA
S/E



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

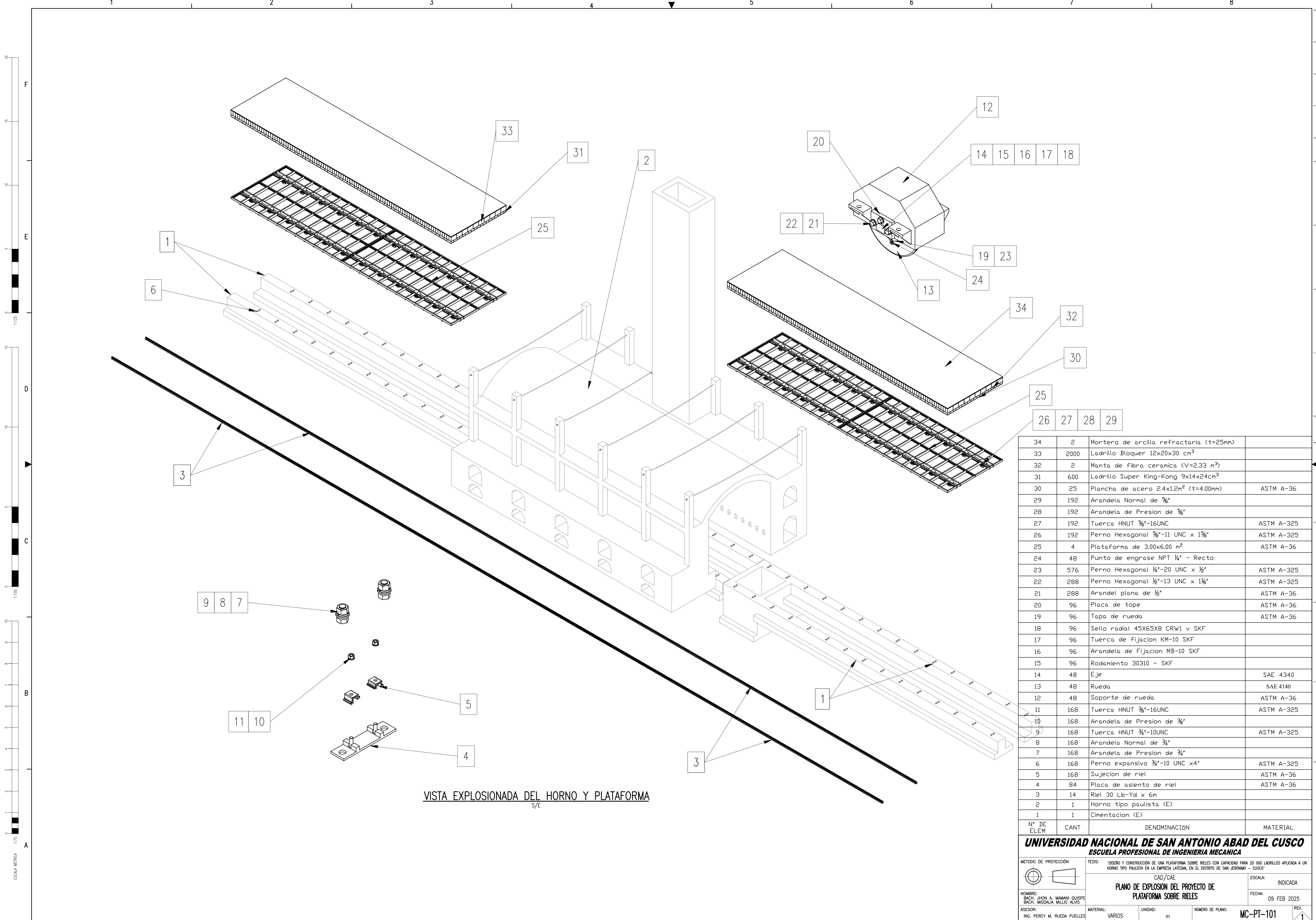
METODO DE PROYECCION: TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAM, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"

NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES

CAD/CAE
PLANO GENERAL DEL PROYECTO DE PLATAFORMA SOBRE RIELES

ESCALA: INDICADA
FECHA: 09 FEB 2025

MATERIAL: VARIOS UNIDAD: m NÚMERO DE PLANO: MC-PT-100 REV. 1



VISTA EXPLOSIONADA DEL HORNO Y PLATAFORMA
S/E

34	2	Mortero de arcilla refractaria (t=25mm)	
33	2000	Ladrillo Bloquer 12x20x30 cm ³	
32	2	Manta de fibra ceramica (V=2.33 m ³)	
31	600	Ladrillo Super King-Kong 9x14x24cm ³	
30	25	Plancha de acero 2.4x1.2m ² (t=4.00mm)	ASTM A-36
29	192	Arandela Normal de 3/8"	
28	192	Arandela de Presion de 3/8"	
27	192	Tuerca HNUZ 5/8"-16UNC	ASTM A-325
26	192	Perno Hexagonal 5/8"-11 UNC x 1 1/2"	ASTM A-325
25	4	Plataforma de 3.00x6.00 m ²	ASTM A-36
24	48	Punto de engrase NPT 1/4" - Recto	
23	576	Perno Hexagonal 1/2"-20 UNC x 1/2"	ASTM A-325
22	288	Perno Hexagonal 1/2"-13 UNC x 1 1/8"	ASTM A-325
21	288	Arandel plana de 1/2"	ASTM A-36
20	96	Placa de tope	ASTM A-36
19	96	Tapa de rueda	ASTM A-36
18	96	Sello radial 45X65X8 CRW1 v SKF	
17	96	Tuerca de fijacion KM-10 SKF	
16	96	Arandela de fijacion MB-10 SKF	
15	96	Rodamiento 30310 - SKF	
14	48	Eje	SAE 4340
13	48	Rueda	SAE 4140
12	48	Soporte de rueda	ASTM A-36
11	168	Tuerca HNUZ 3/8"-16UNC	ASTM A-325
10	168	Arandela de Presion de 3/8"	
9	168	Tuerca HNUZ 3/4"-10UNC	ASTM A-325
8	168	Arandela Normal de 3/4"	
7	168	Arandela de Presion de 3/4"	
6	168	Perno expansivo 3/4"-10 UNC x4"	ASTM A-325
5	168	Sujecion de riel	ASTM A-36
4	84	Placa de asiento de riel	ASTM A-36
3	14	Riel 30 Lb-Yd x 6m	
2	1	Horno tipo paulista (E)	
1	1	Cimentacion (E)	
N° DE ELEM	CANT	DENOMINACIÓN	MATERIAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

METODO DE PROYECCION:

TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAM, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"

CAD/CAE

ESCALA: INDICADA

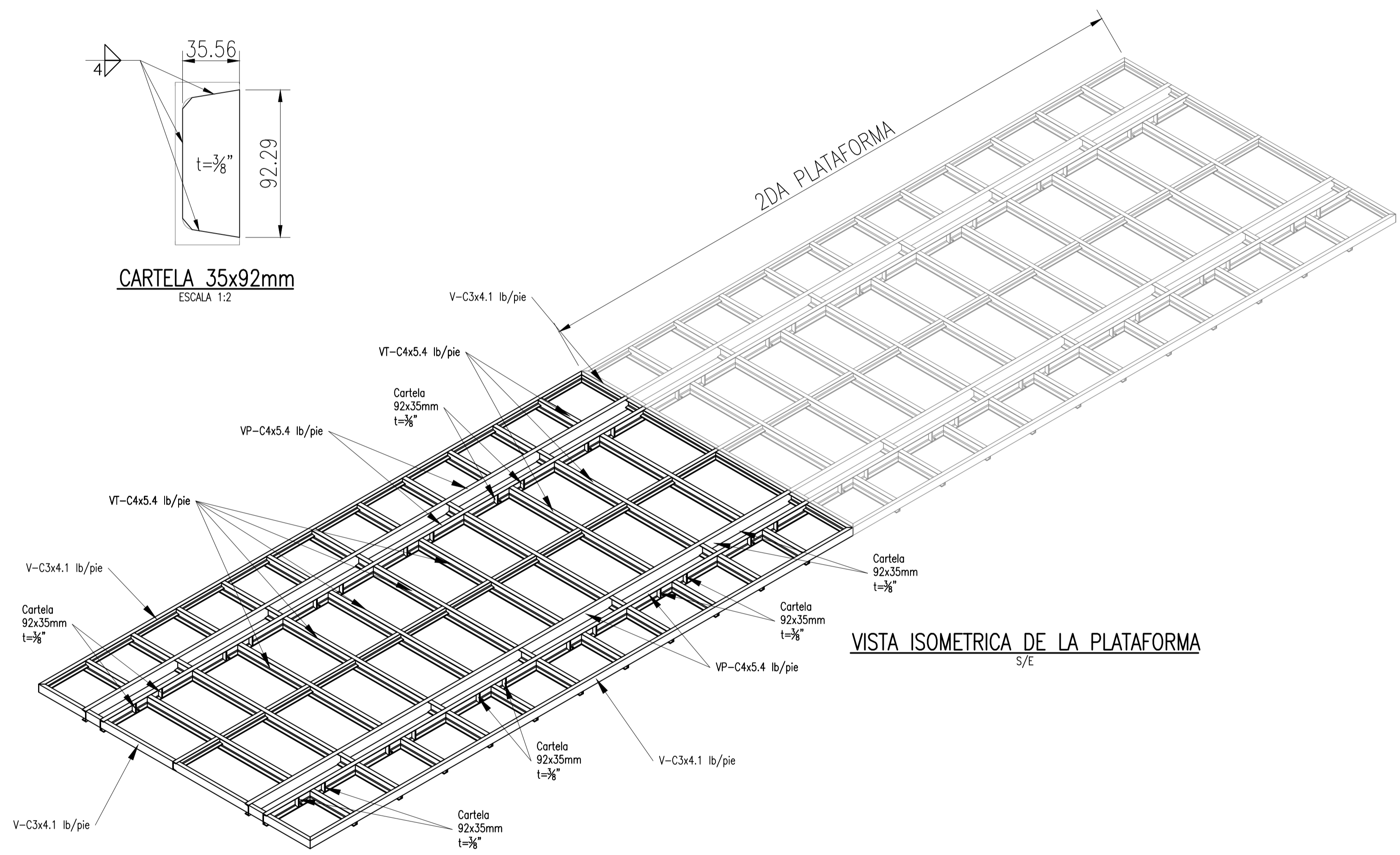
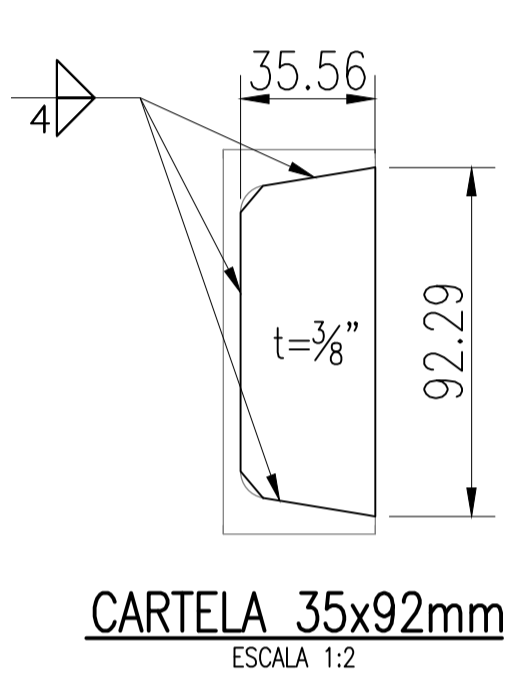
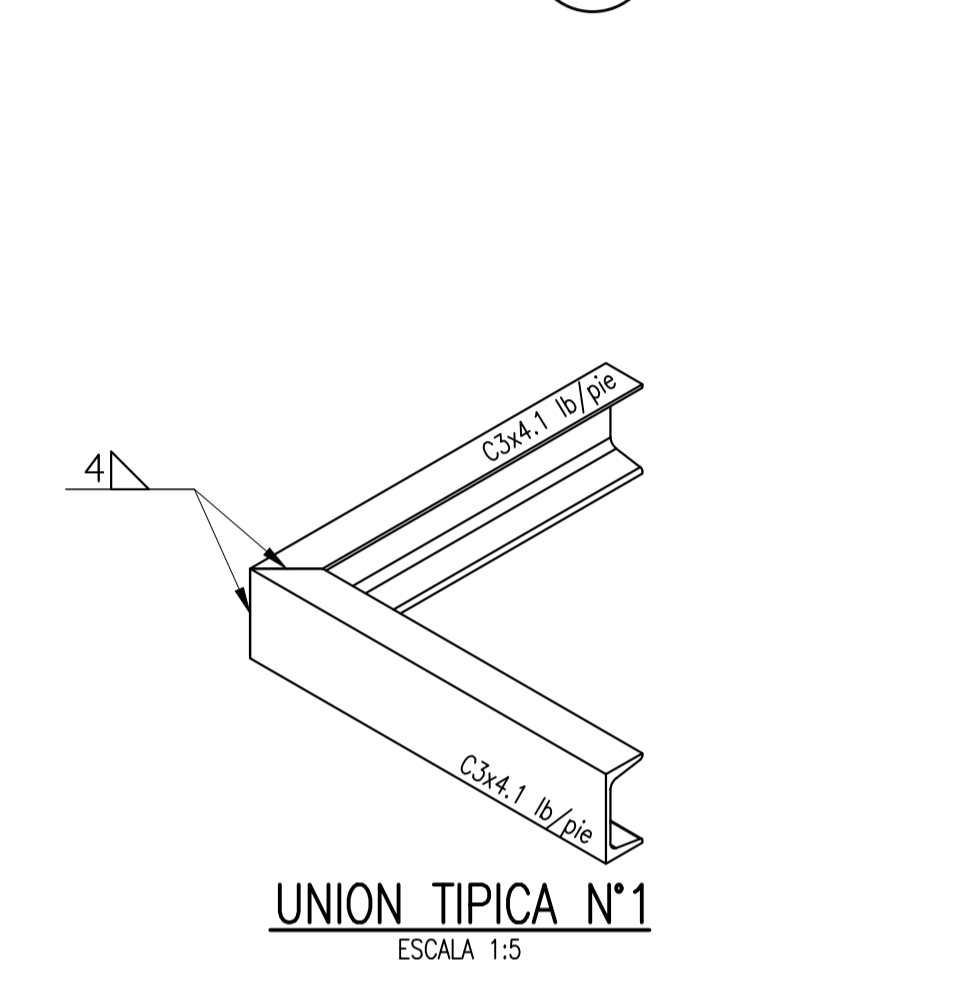
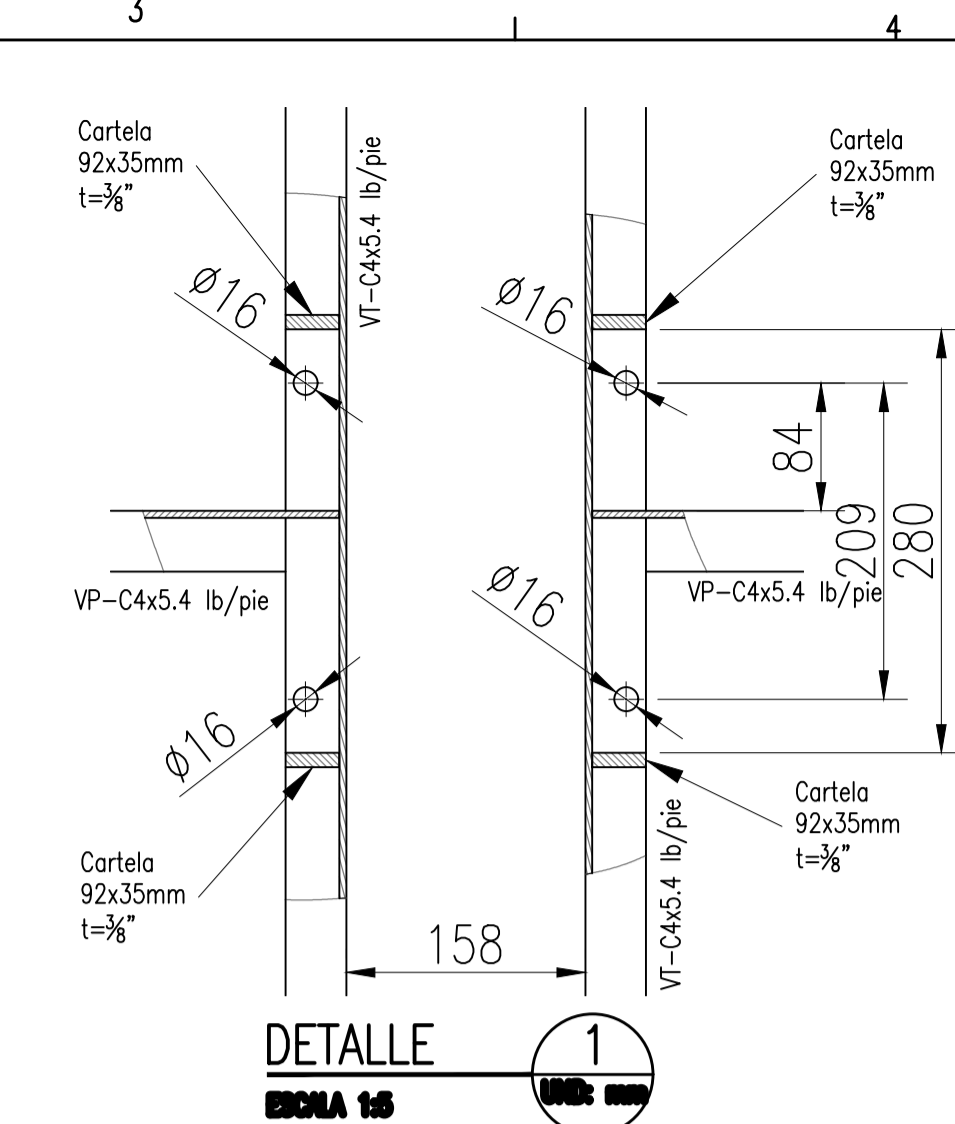
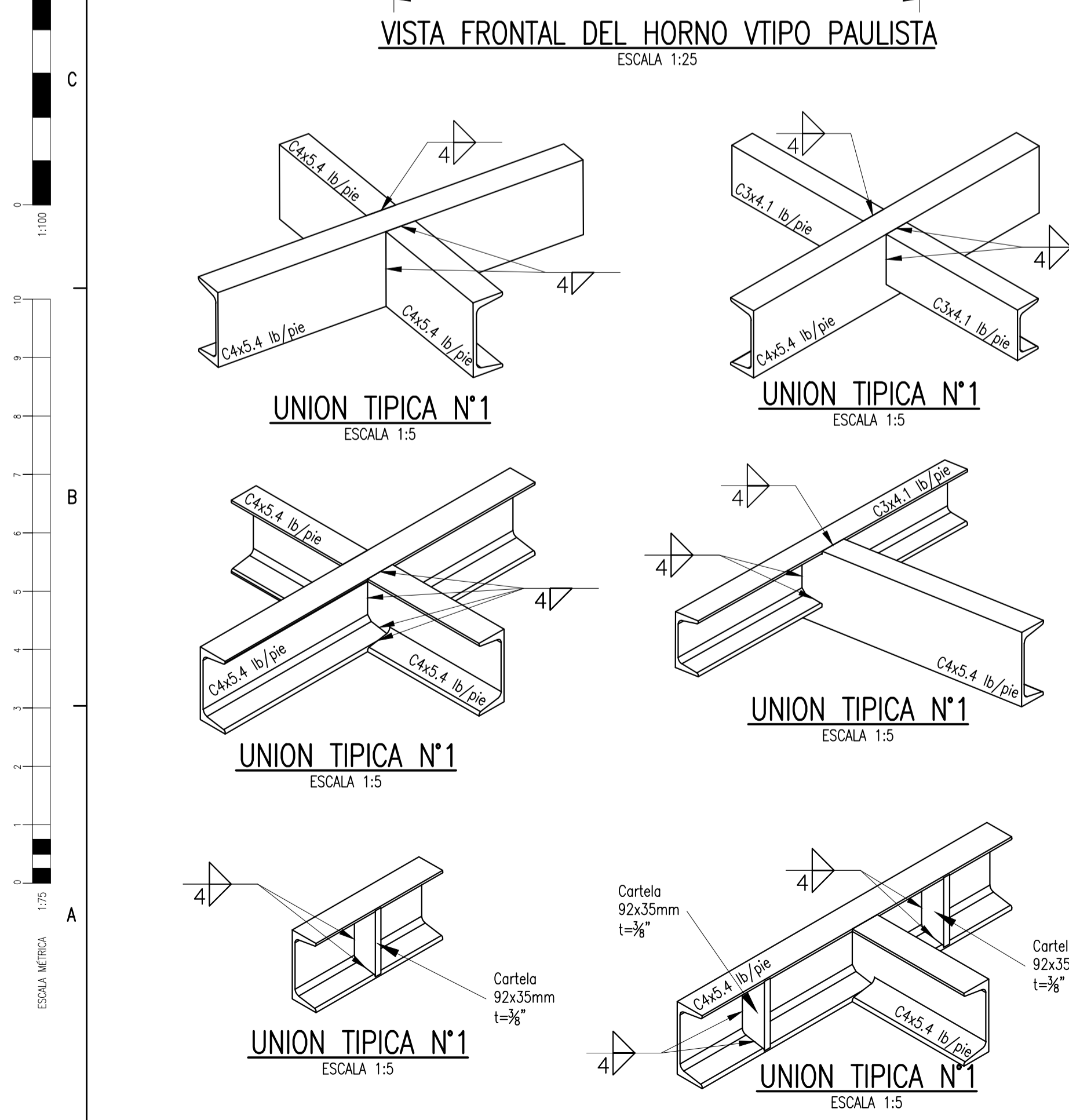
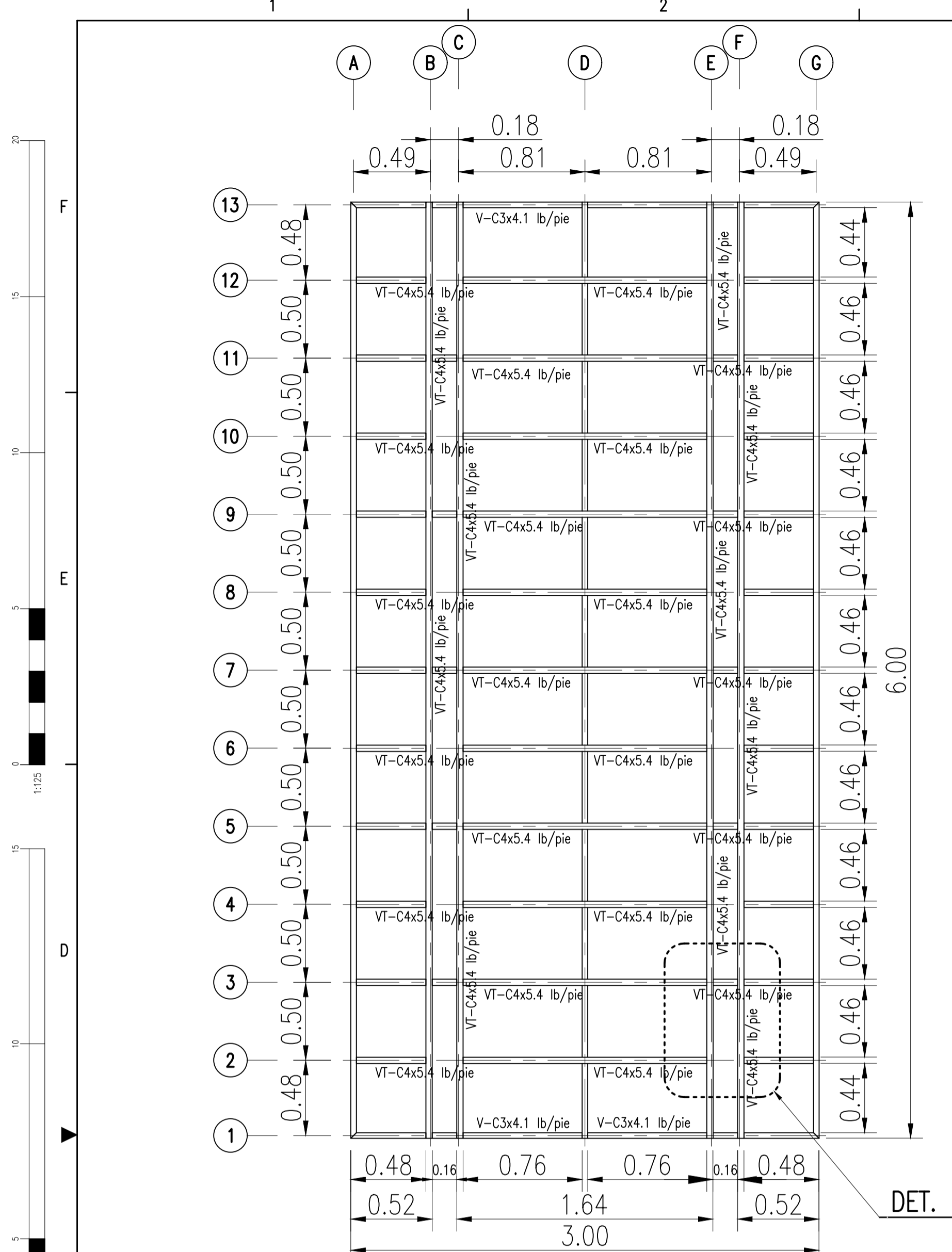
FECHA: 09 FEB 2025

NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI OUSPE
 BACH. MIGDALIA MULLO ALVIZ

ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES

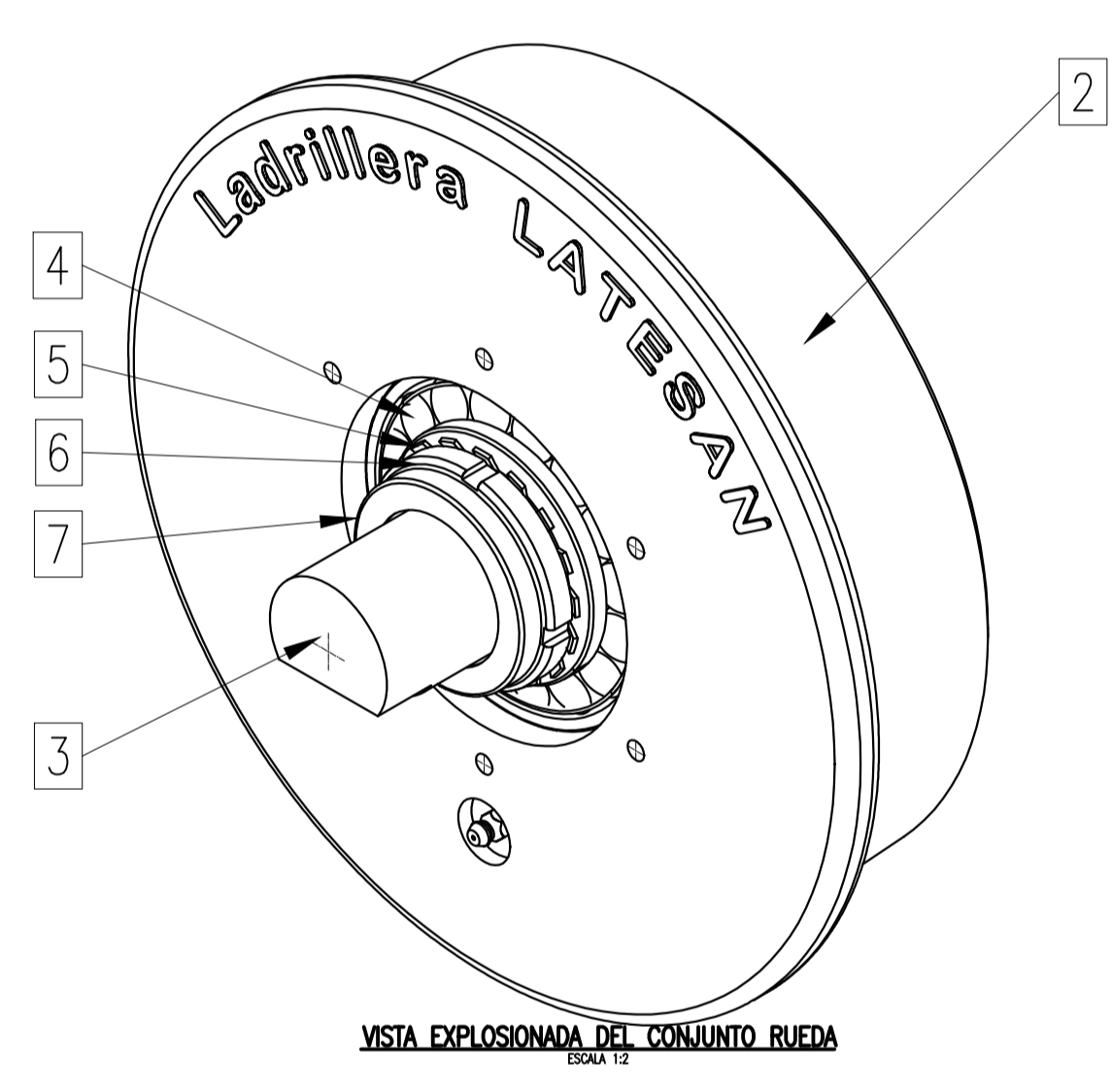
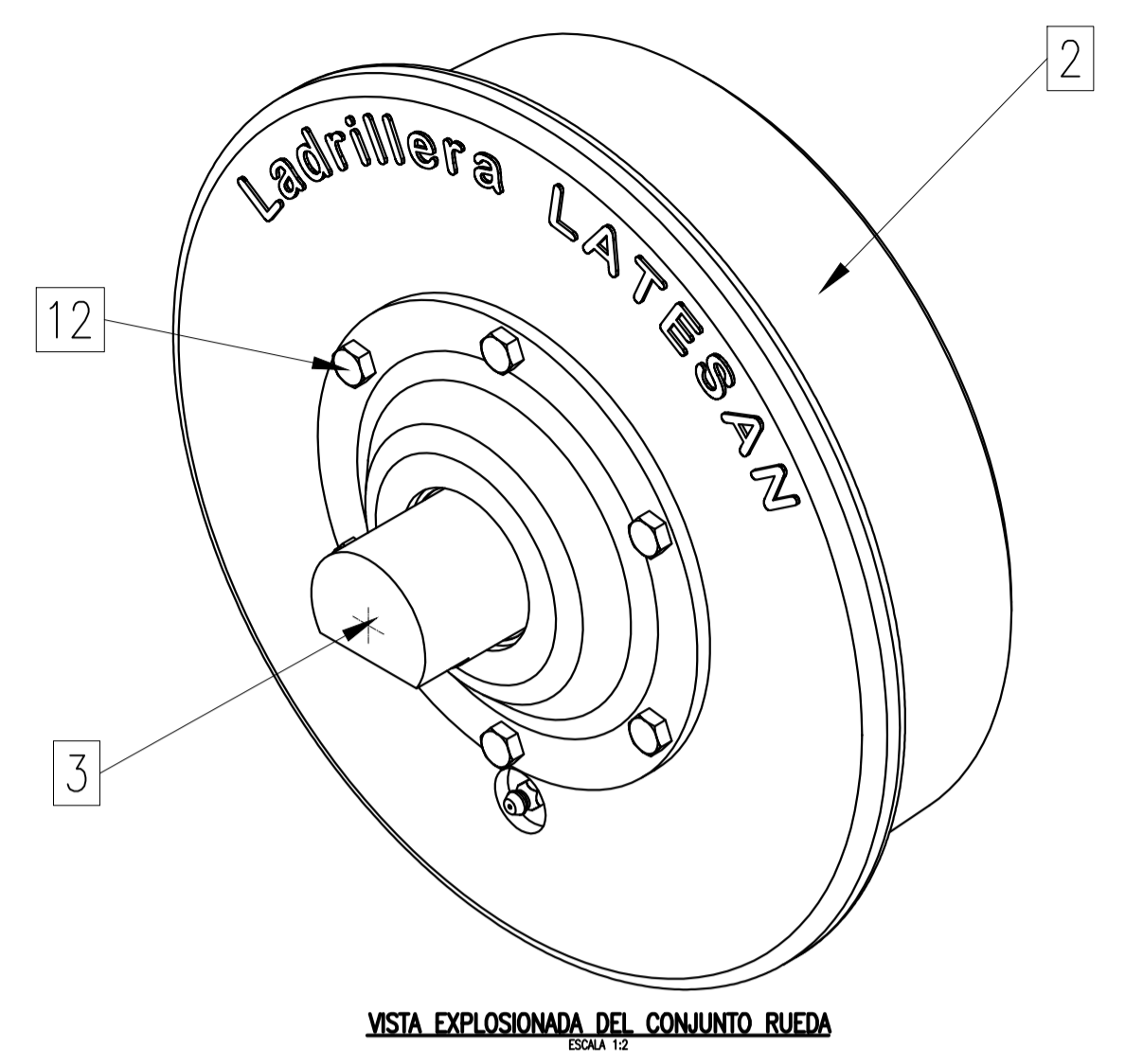
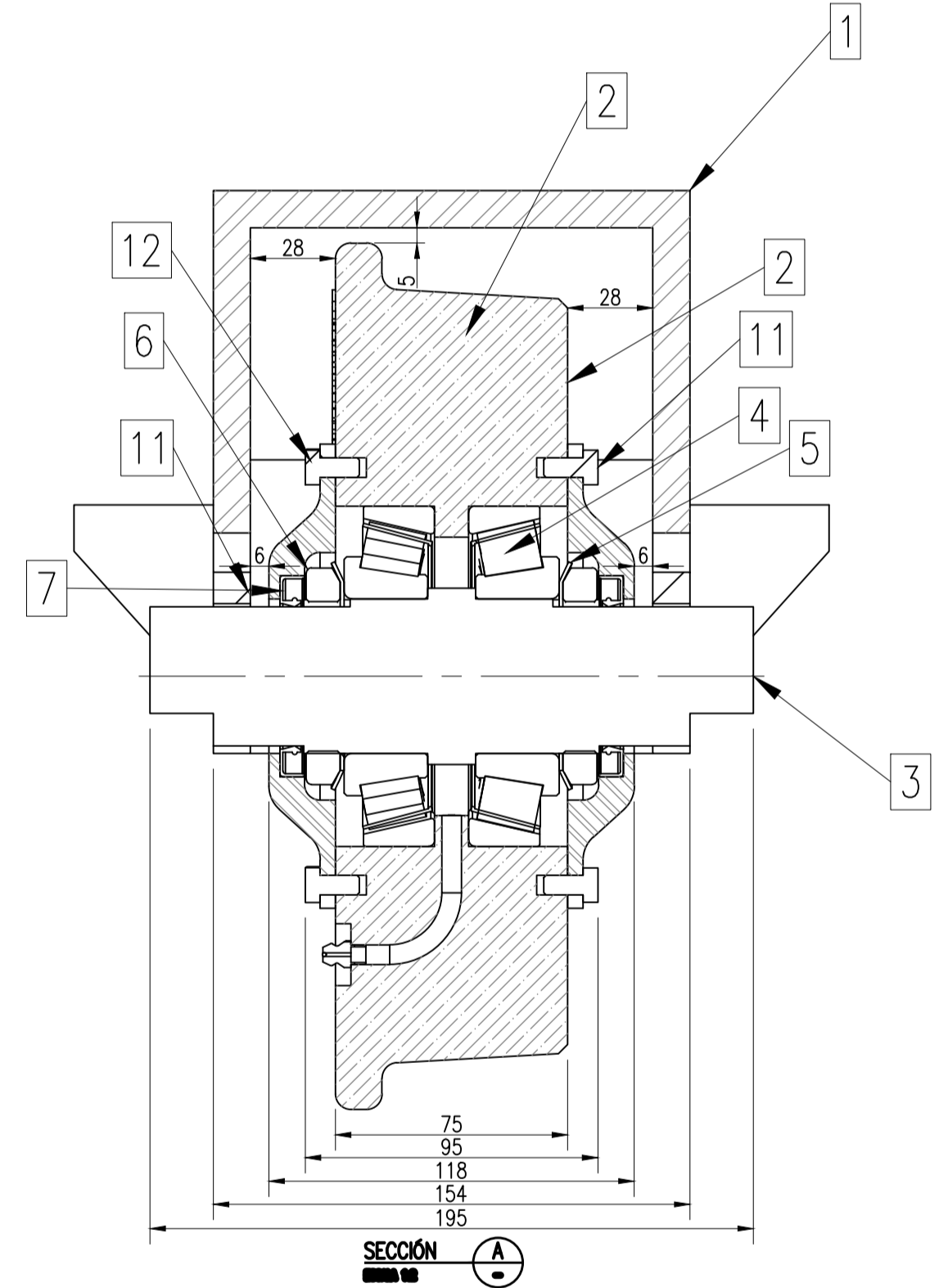
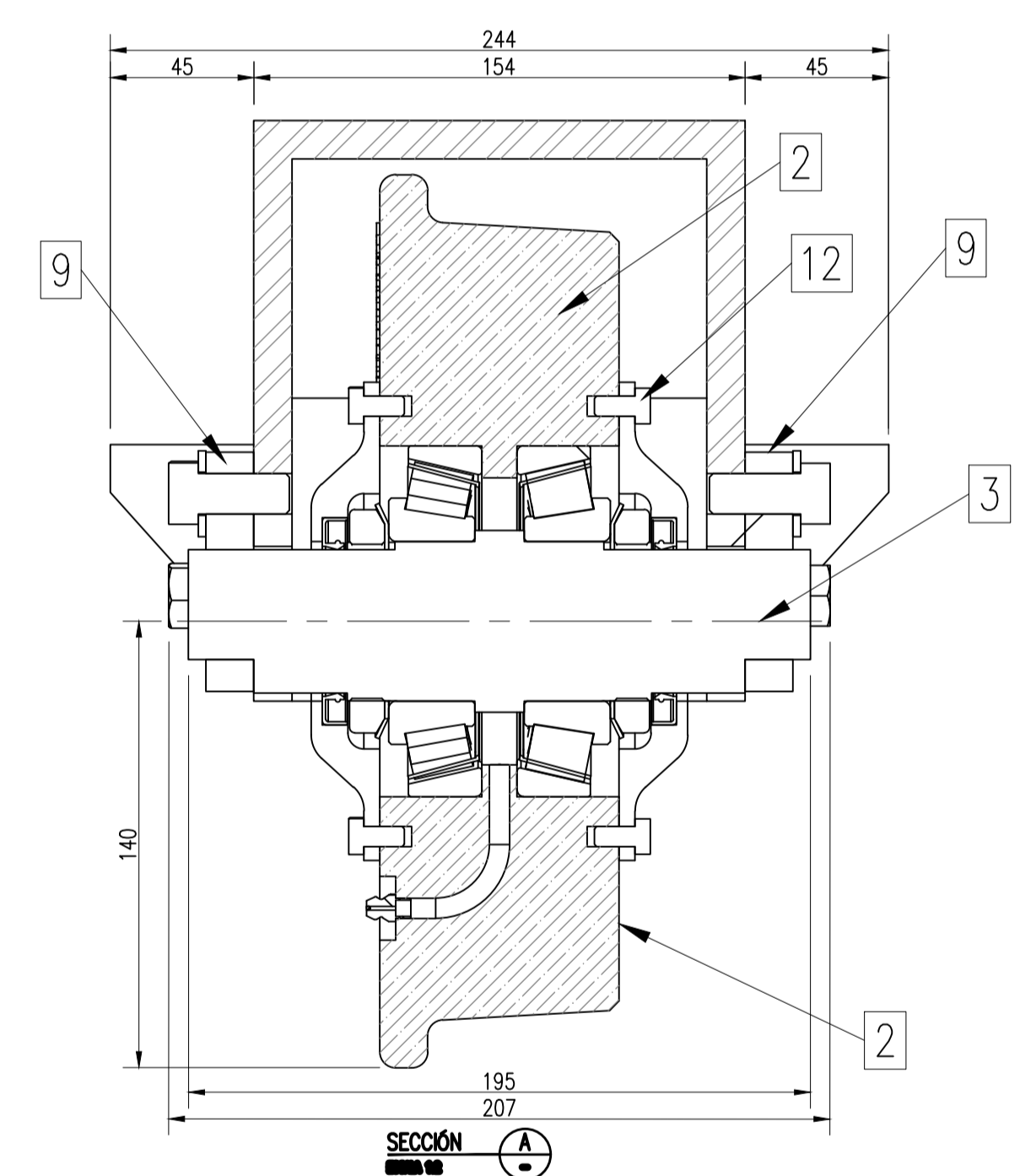
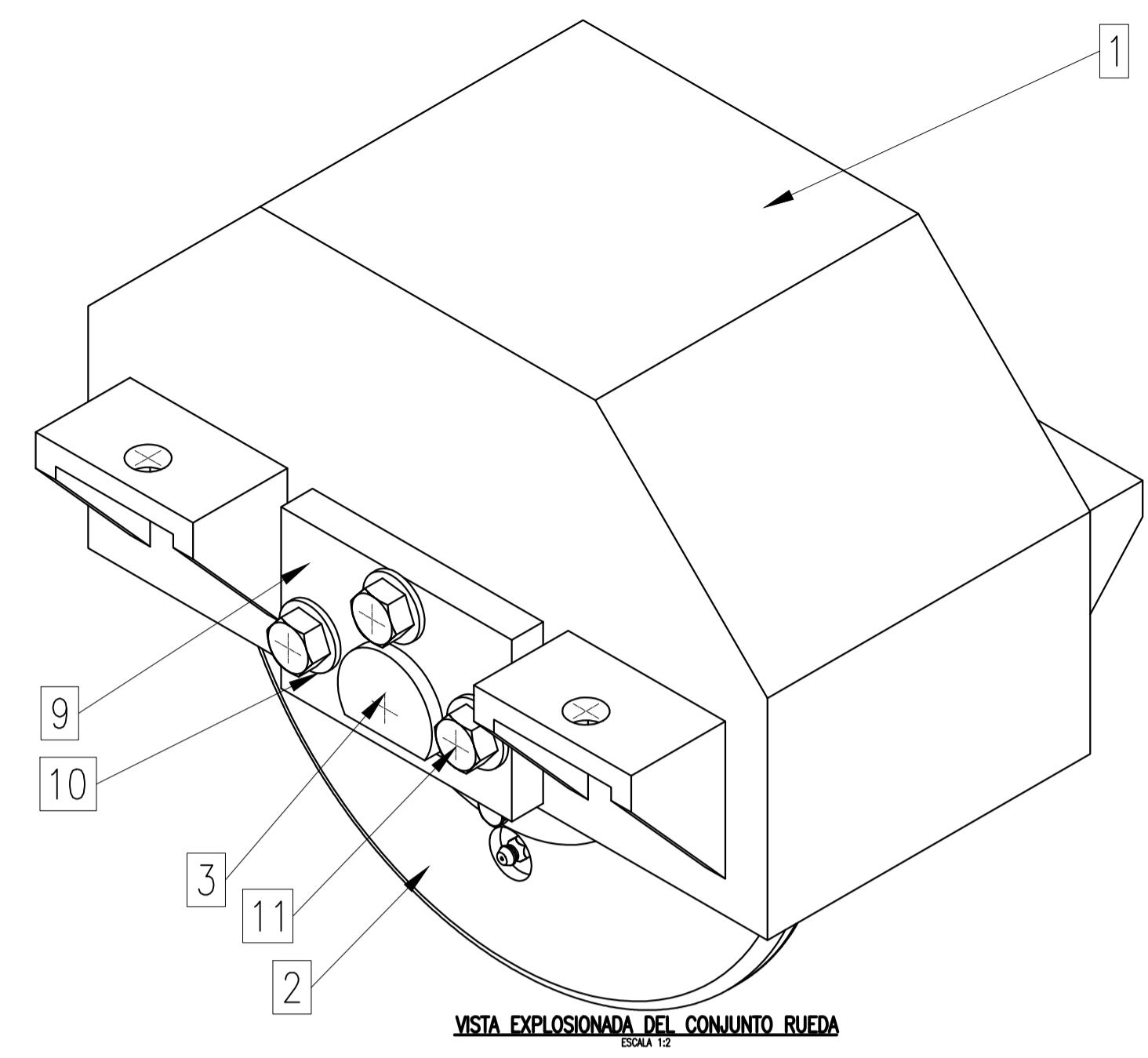
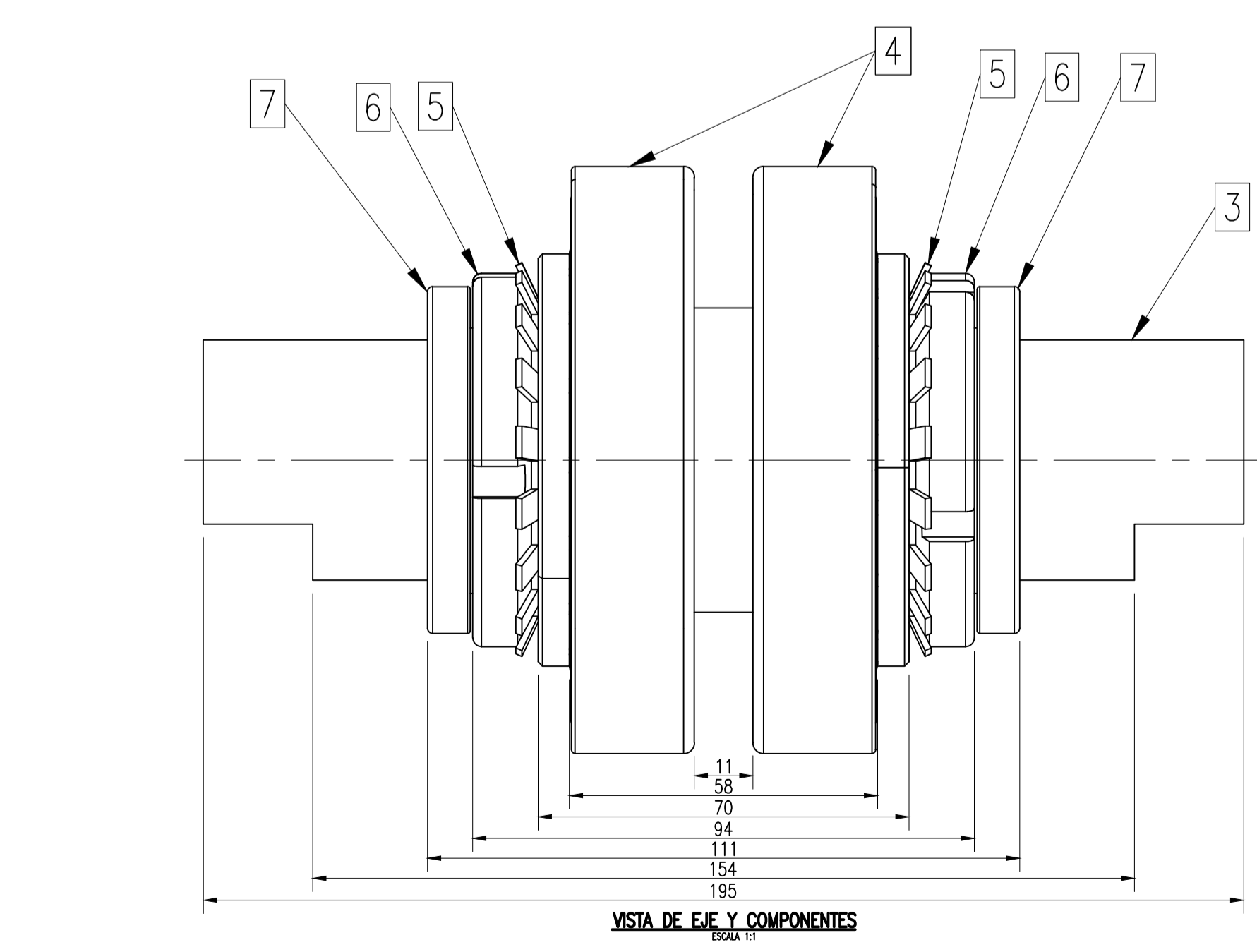
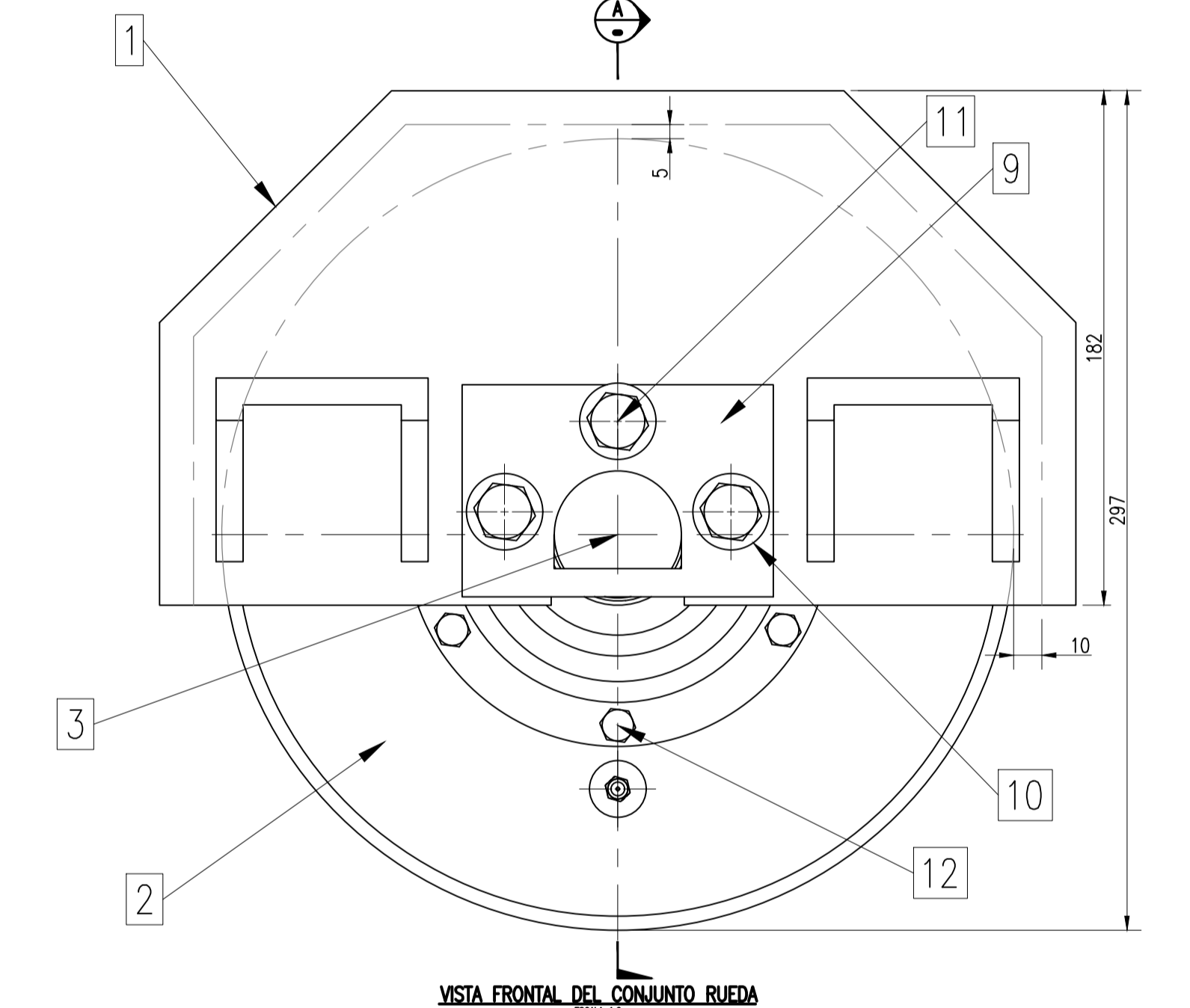
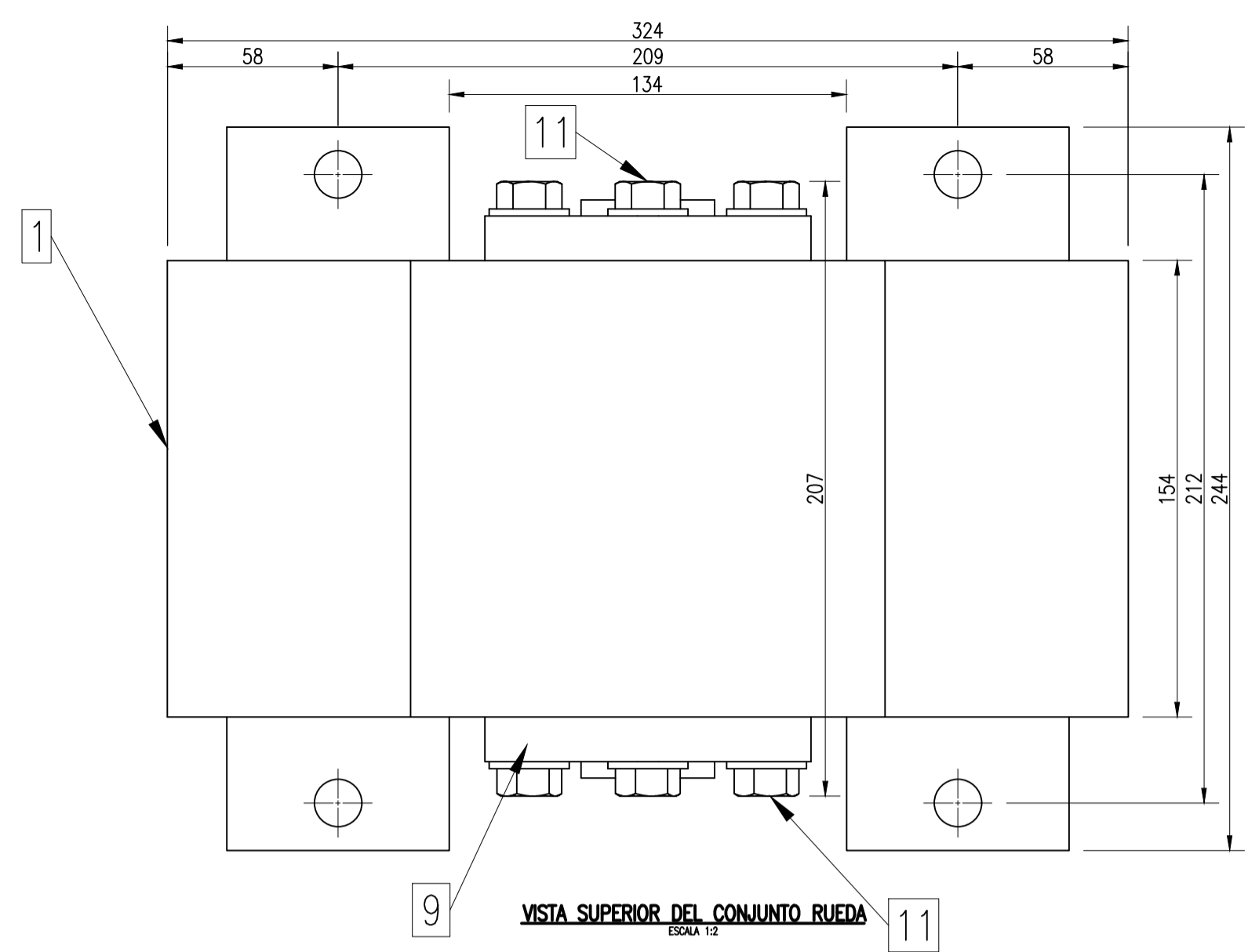
MATERIAL: VARIOS UNIDAD: m NÚMERO DE PLANO: MC-PT-101 REV. 1

ESCALA METRICA 1:25
 0 5 10 15 20
 F
 E
 D
 C
 B
 A



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA	
METODO DE PROYECCION 	TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAM, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE	ESCALA: INDICADA
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	FECHA: 09 FEB 2025
MATERIAL: ASTM A-36	UNIDAD: m
NÚMERO DE PLANO: MC-PT-102	REV. 1

ESCALA METRICA 1:25



13	1	Punto de engrase NPT 1/4" - Recto		
12	1	Perno Hexagonal 1/2"-20 UNC x 1/2"	ASTM A-325	
11	6	Perno Hexagonal 1/2"-13 UNC x 1 1/2"	ASTM A-325	
10	6	Arandel plana de 1/2"	ASTM A-36	
9	2	Placa de tope	ASTM A-36	MC-PT-108
8	2	Tapa de rueda	ASTM A-36	MC-PT-108
7	2	Sello radial 45X65X8 CRW1 v SKF		
6	2	Tuerca de fijacion KM-10 SKF		
5	2	Arandela de Fijacion MB-10 SKF		
4	2	Rodamiento 30310 - SKF		
3	1	Eje	SAE 4340	MC-PT-107
2	1	Rueda	SAE 4140	MC-PT-105
1	1	Soporte de rueda	ASTM A-36	MC-PT-106
N° DE ELEM	CAN T	DENOMINACIÓN	MATERIAL	REFERENCIA

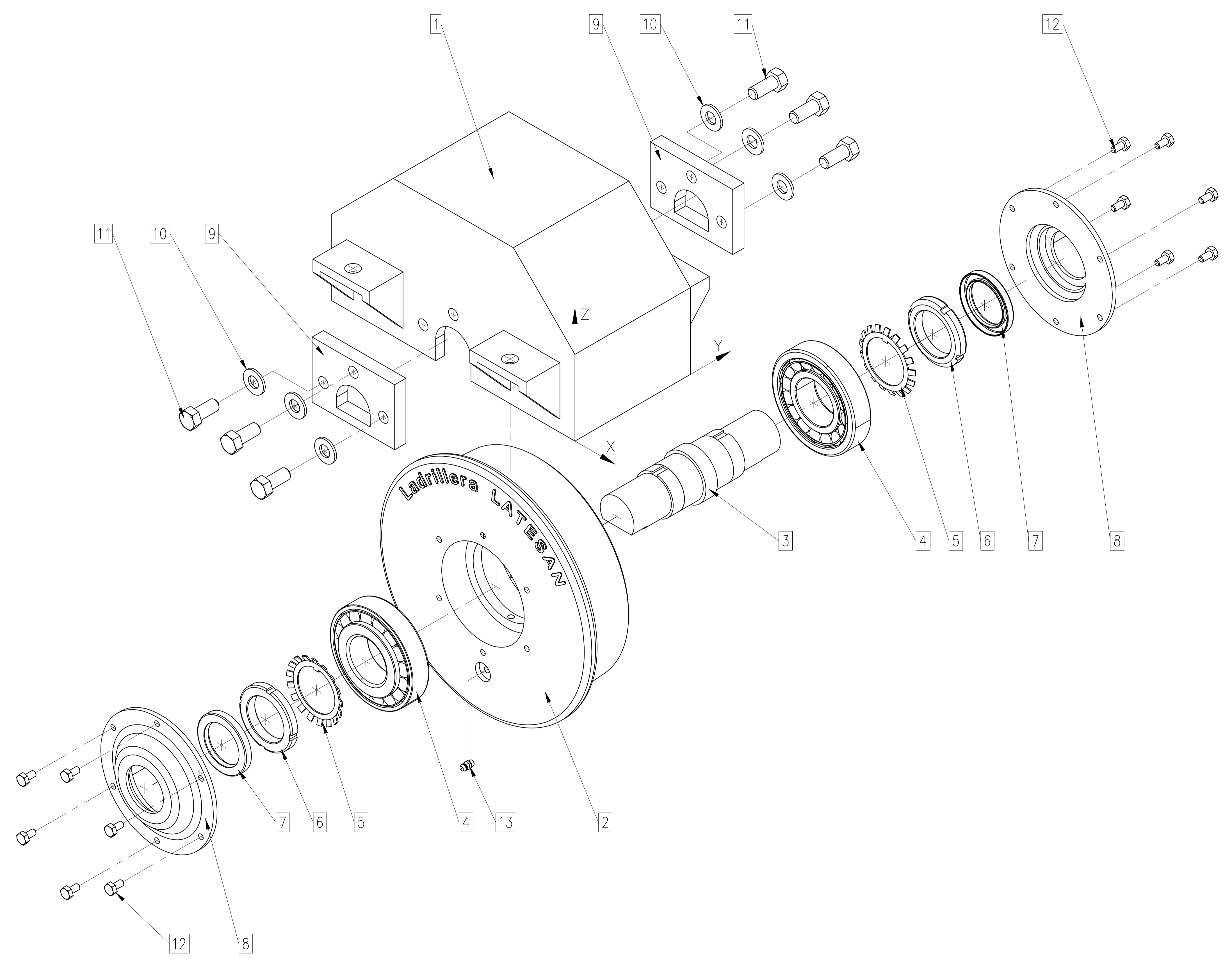
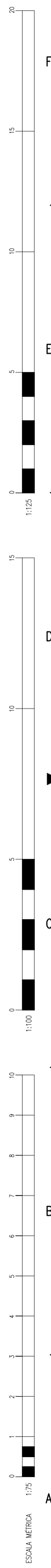
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

METODO DE PROYECCION: CAD/CAE
 TESIS: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO

NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI OUSPE
 BACH. MIGDALIA MULLO ALVYS
 ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES

ESCALA: INDICADA
 FECHA: 10 FEB 2025

MATERIAL: VARIOS UNIDAD: mm NÚMERO DE PLANO: MC-PT-103 REV. 1



13	1	Punto de engrase NPT 1/4" - Recto			B-3
12	1/2	Perno Hexagonal 1/4"-20 UNC x 1/2"	ASTM A-325		B-1 / E-6
11	6	Perno Hexagonal 1/2"-13 UNC x 1 1/2"	ASTM A-325		D-2 / E-4
10	6	Arandel plana de 1/2"	ASTM A-36		D-2 / E-4
9	2	Placa de tope	ASTM A-36	MC-PT-108	D-2 / E-4
8	2	Tapa de rueda	ASTM A-36	MC-PT-108	B-1 / D-6
7	2	Sello radial 45X65X8 CRW1 v SKF			B-2 / D-5
6	2	Tuerca de fijacion KM-10 SKF			B-2 / D-5
5	2	Arandela de Fijacion MB-10 SKF			B-2 / D-5
4	2	Rodamiento 30310 - SKF			B-2 / D-5
3	1	Eje	SAE 4340	MC-PT-107	C-4
2	1	Rueda	SAE 4140	MC-PT-105	C-3
1	1	Soporte de rueda	ASTM A-36	MC-PT-106	E-3
N° DE ELEMENTO		DENOMINACIÓN	MATERIAL	REFERENCIA	UBICACION

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

METODO DE PROYECCION: CAD/CAE

TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"

ESCALA: INDICADA

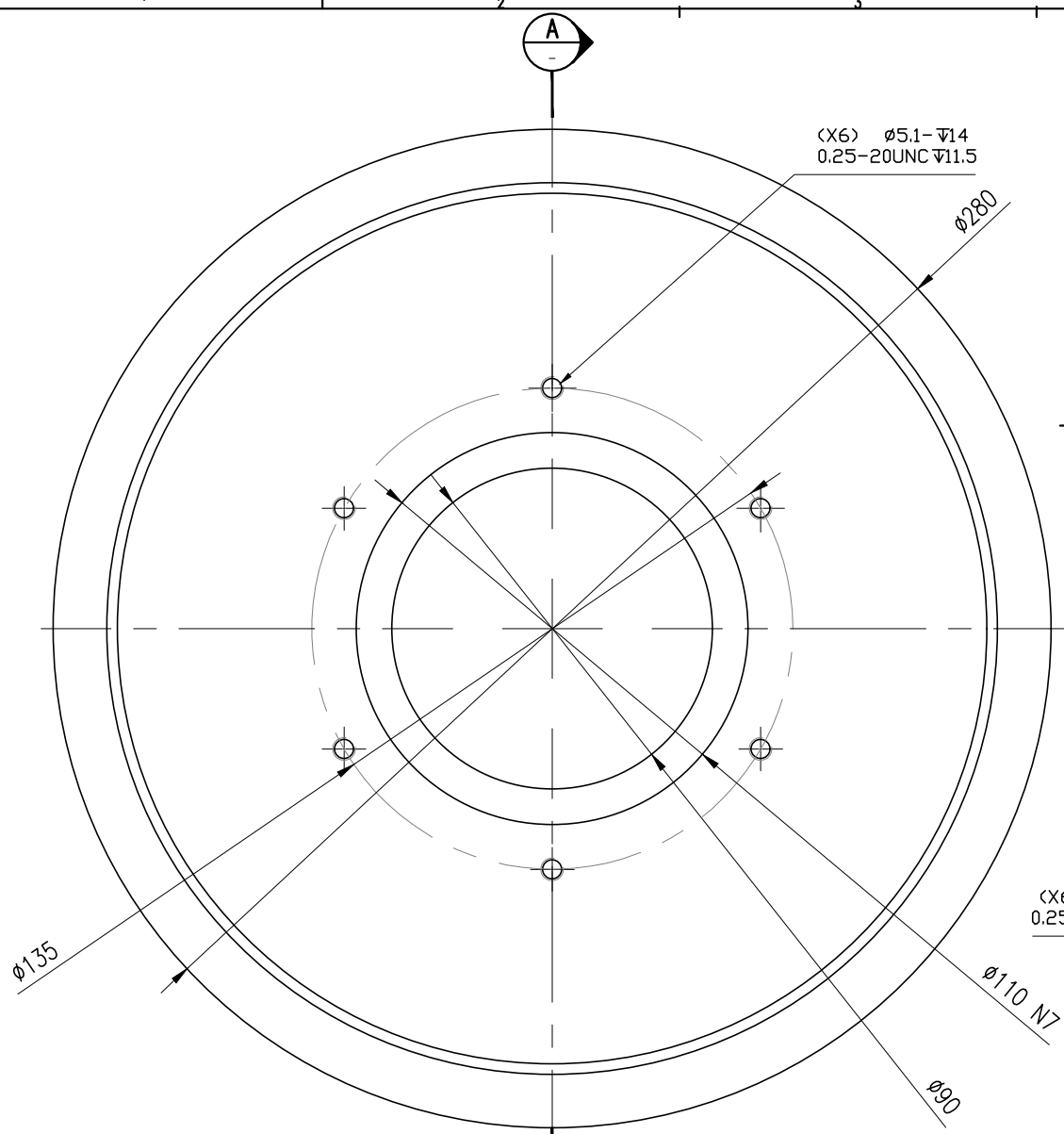
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUSPE
 BACH. MIGDALIA MULLO ALVYS

PLANO DE EXPLOSION DEL ENSAMBLE DE CONJUNTO RUEDA
 INC. DE DETALLE

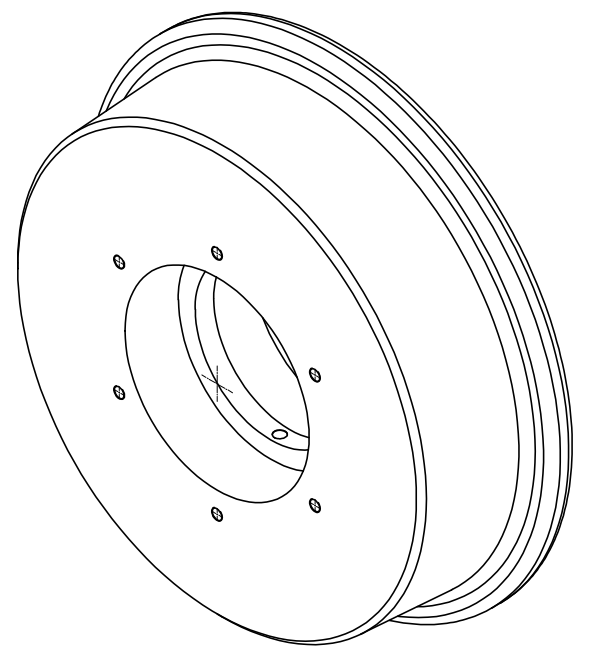
FECHA: 10 FEB 2025

ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES

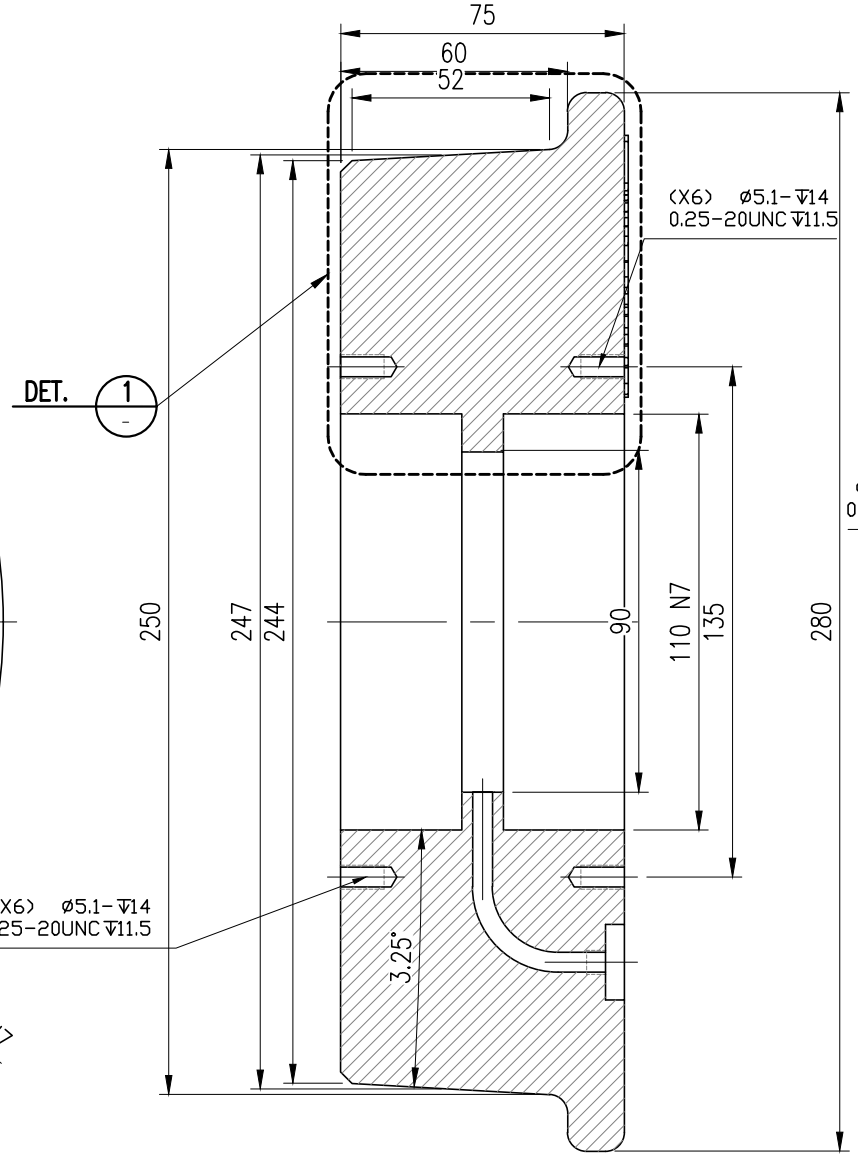
MATERIAL: VARIOS UNIDAD: mm NÚMERO DE PLANO: MC-PT-104 REV. 1



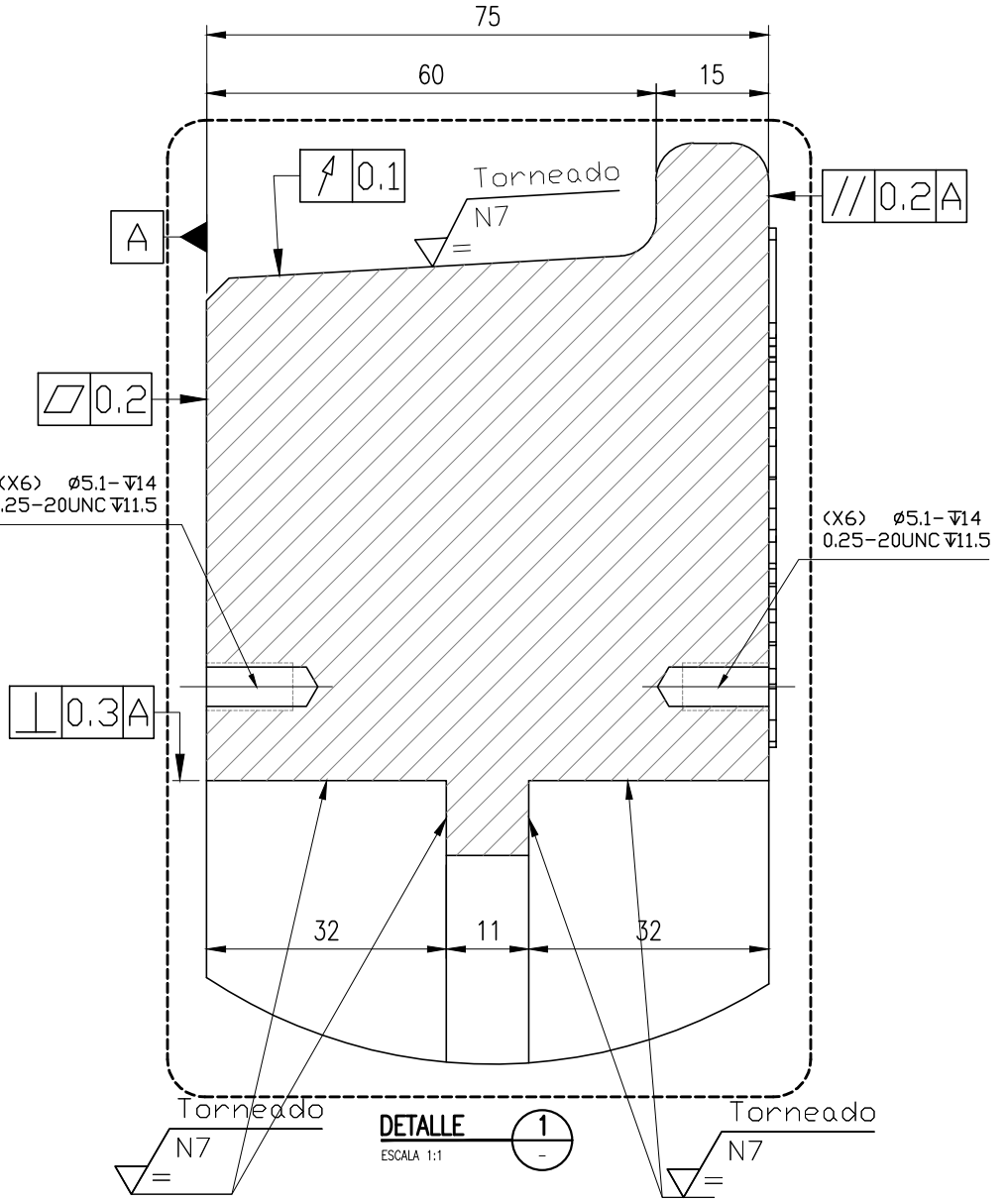
VISTA FRONTAL DE RUEDA
ESCALA 1:2



ISOMETRICO DE ARREGLO GENERAL
S/E

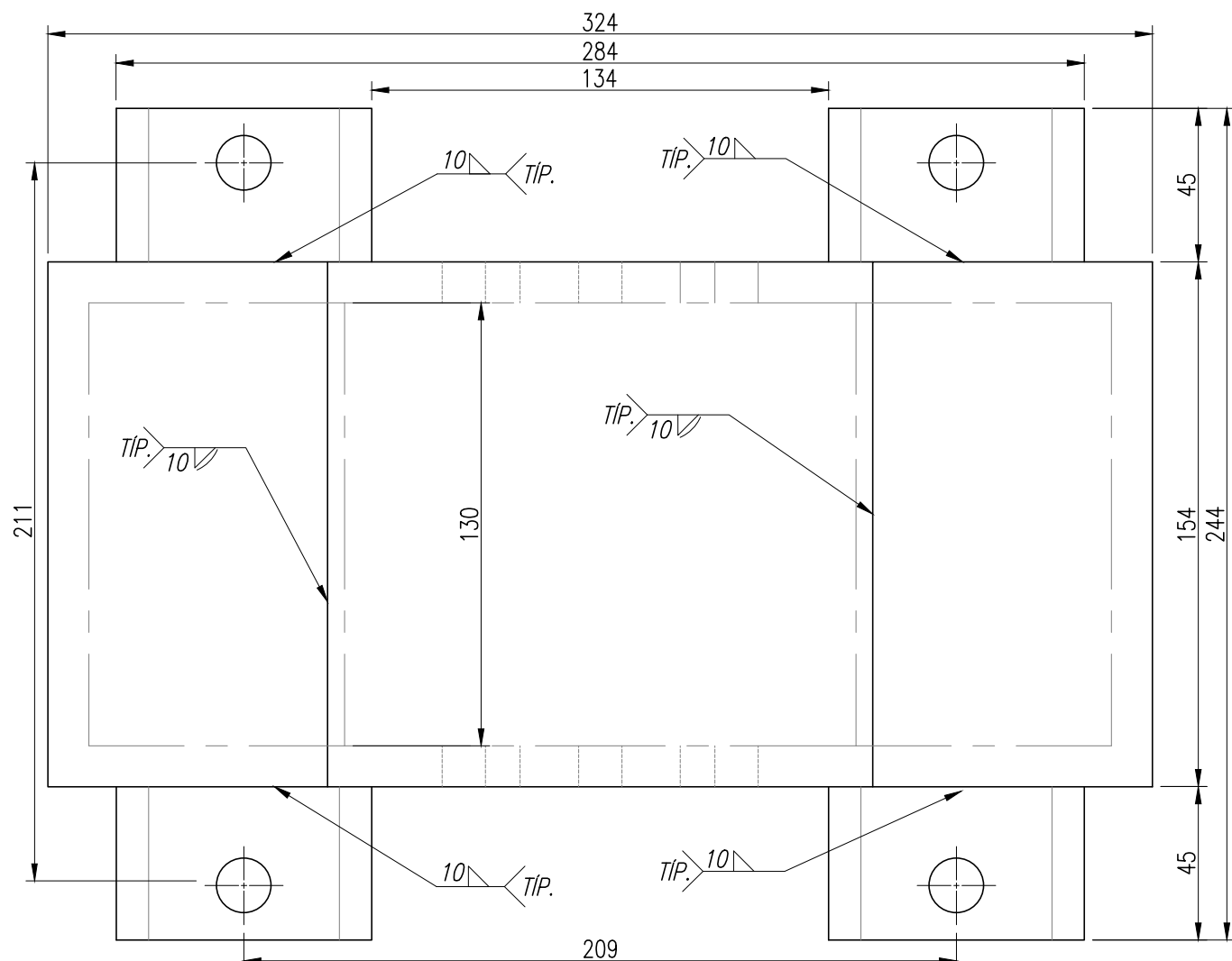


SECCIÓN A-A
ESCALA 1:2

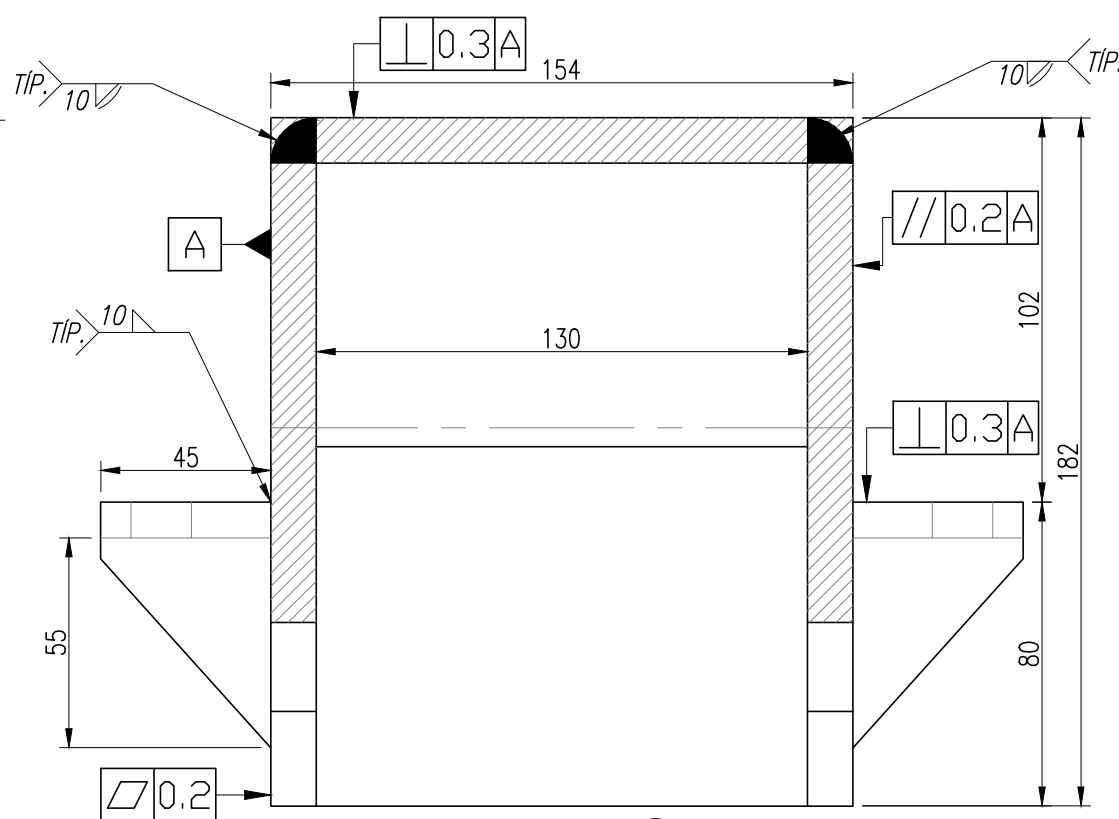


DETALLE 1
ESCALA 1:1

1	1	Rueda	SAE 4140
N° DE ELEM	CANT	DENOMINACIÓN	MATERIAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
METODO DE PROYECCIÓN	TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"		ESCALA: INDICADA
		CAD/CAE	FECHA: 10 FEB 2025
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE BACH. MIGDALIA MILLIO ALVIS		PLANO DE DETALLE DE LA RUEDA ING. DE DETALLE	
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	MATERIAL: SAE 4140	UNIDAD: mm	NÚMERO DE PLANO: MC-PT-105
			REV. 1

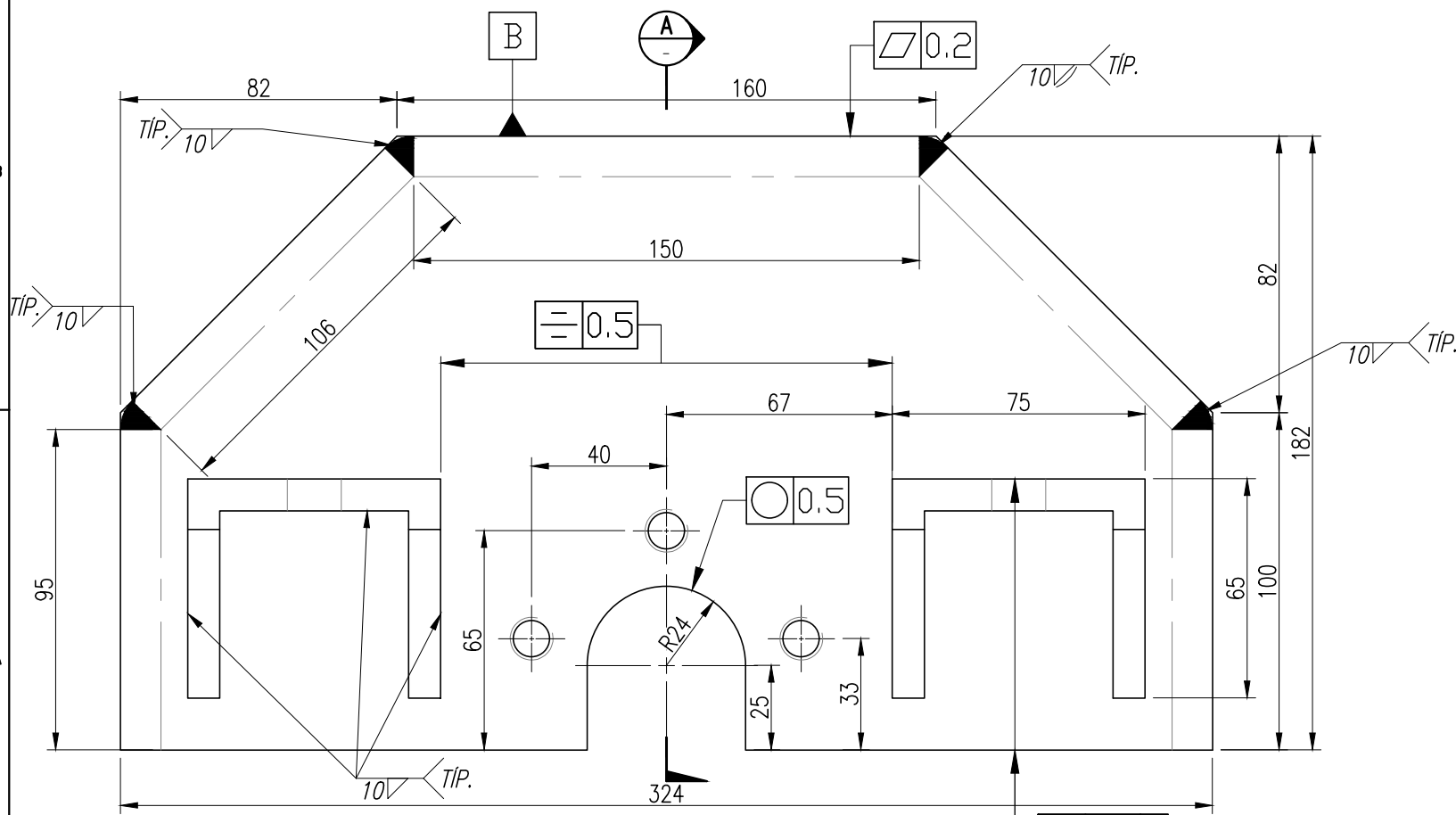
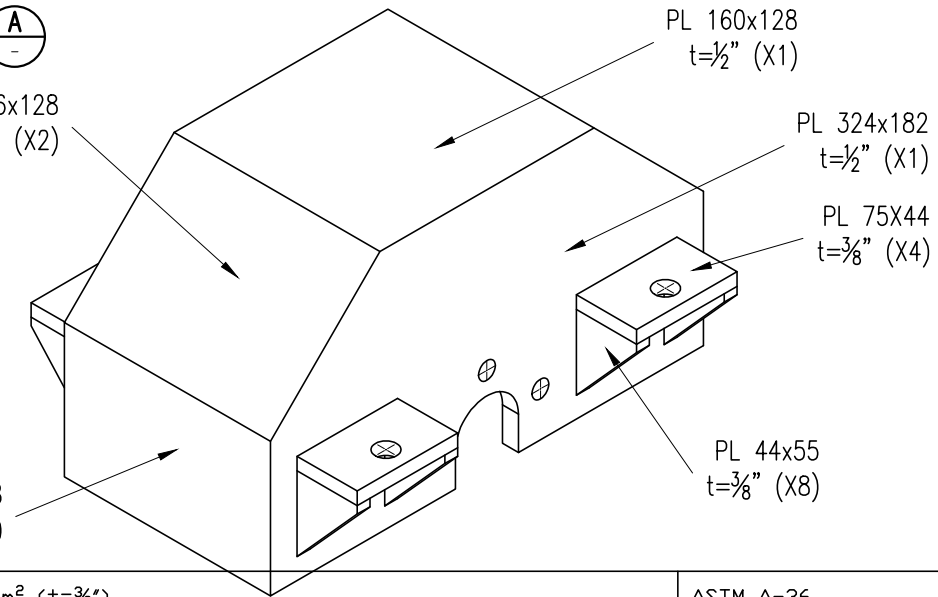


VISTA SUPERIOR DE SOPORTE DE RUEDA
ESCALA 1:2



SECCIÓN A
ESCALA 1:2

ISOMETRICO DE ARREGLO GENERAL
S/E

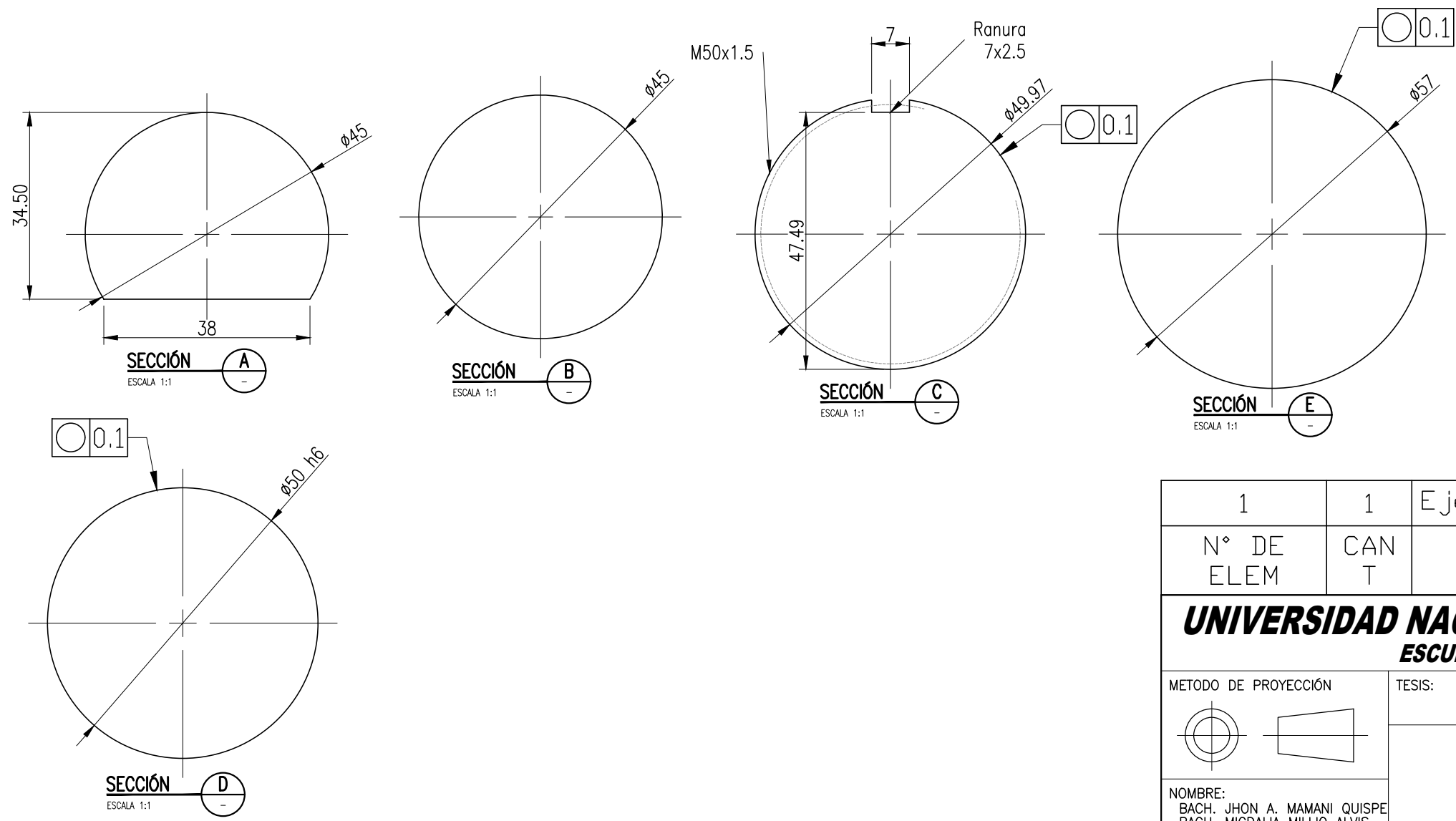
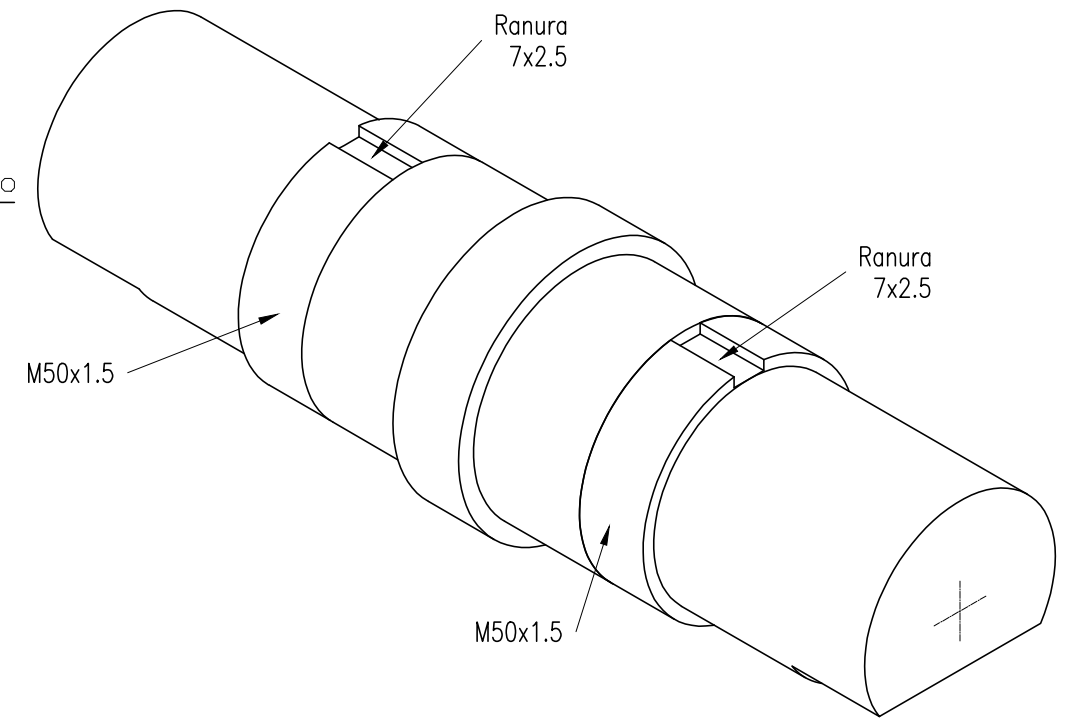
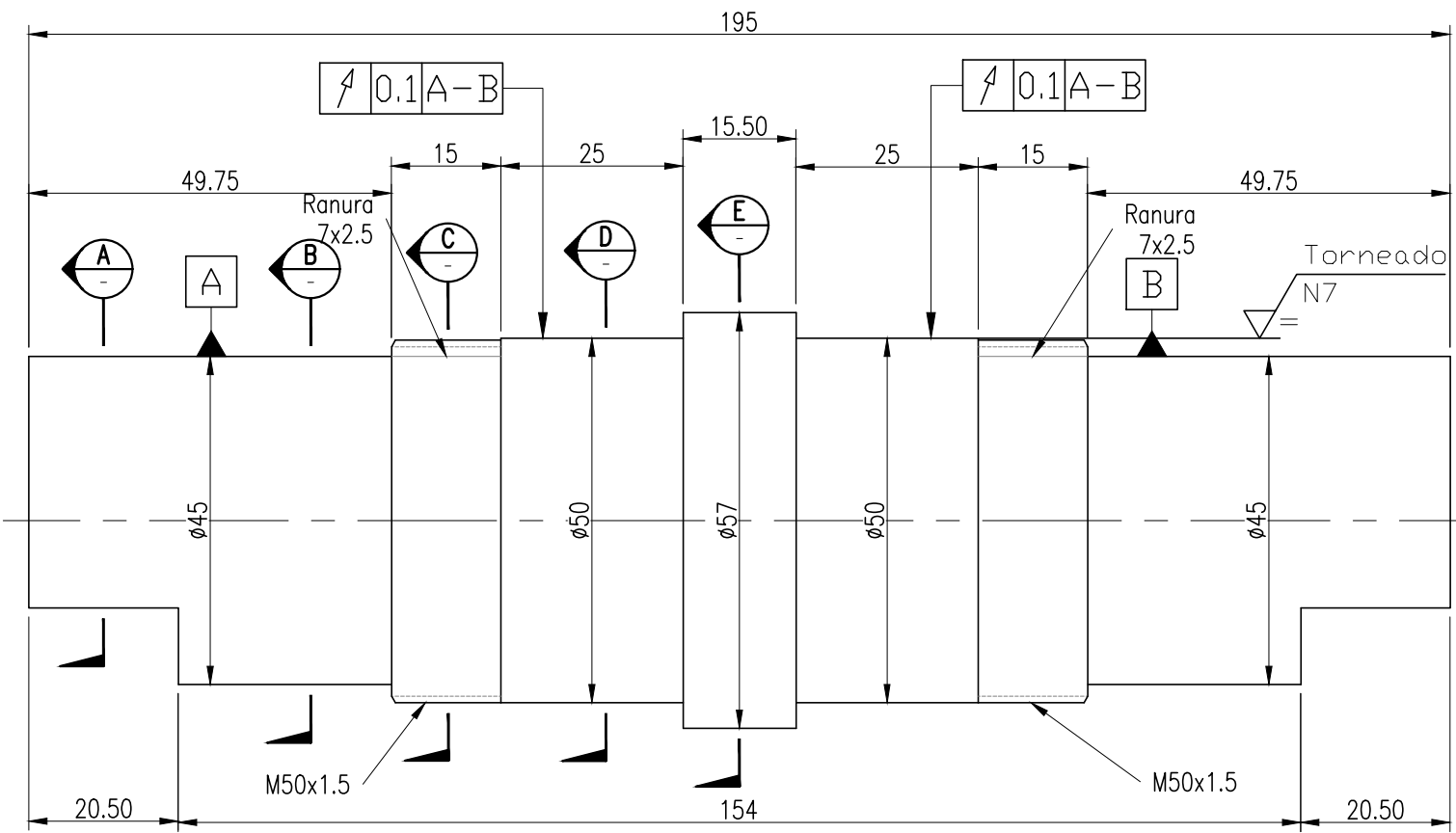


VISTA FRONTAL DE SOPORTE DE RUEDA
ESCALA 1:2

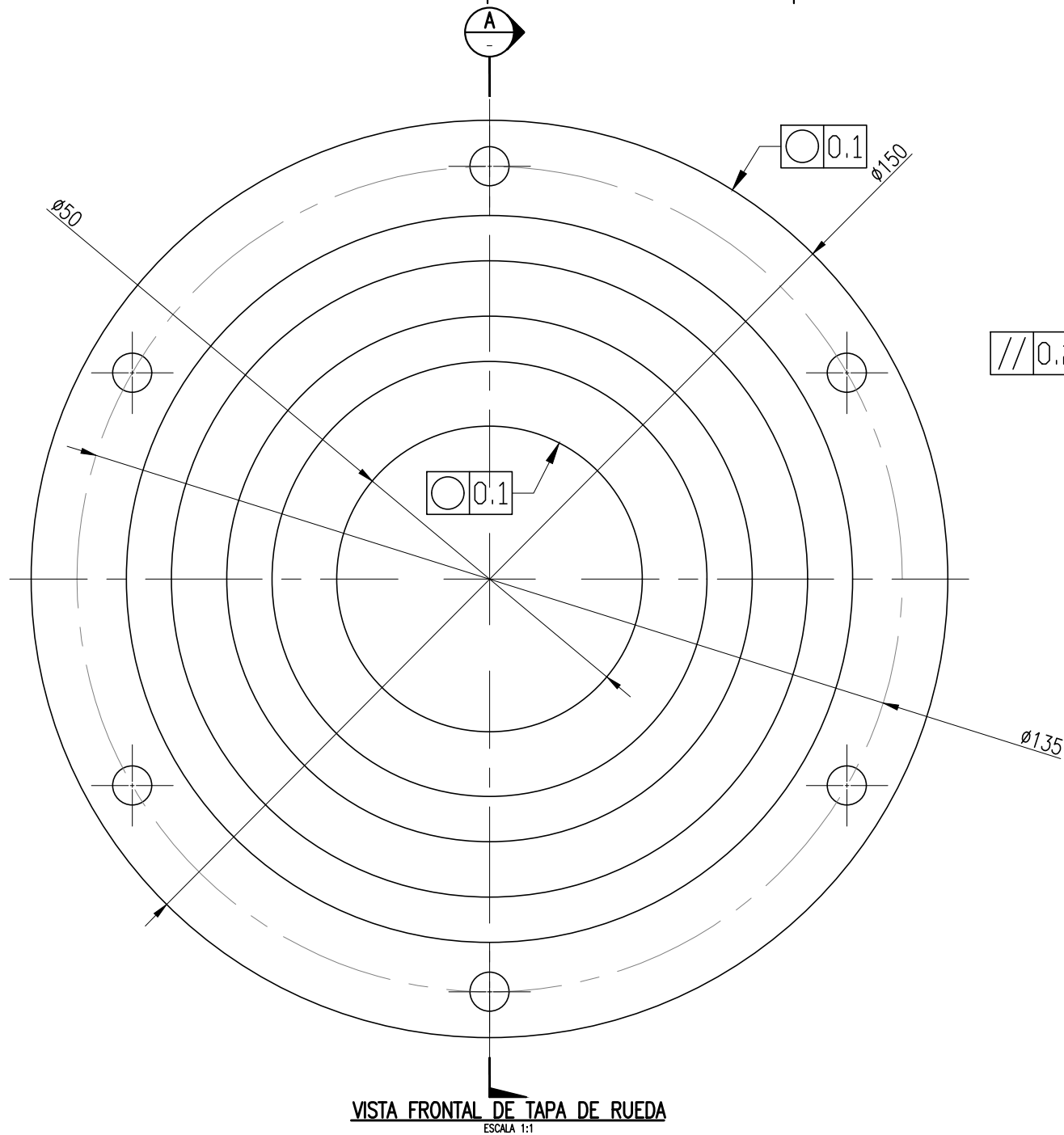
N° DE ELEM	CANT	DENOMINACIÓN	MATERIAL
6	8	PL 55x44 mm ² (t=3/8")	ASTM A-36
5	4	PL 75x44 mm ² (t=3/8")	ASTM A-36
4	2	PL 95x130 mm ² (t=1/2")	ASTM A-36
3	2	PL 106x130 mm ² (t=1/2")	ASTM A-36
2	1	PL 150x130 mm ² (t=1/2")	ASTM A-36
1	2	PL 324x182 mm ² (t=1/2")	ASTM A-36

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

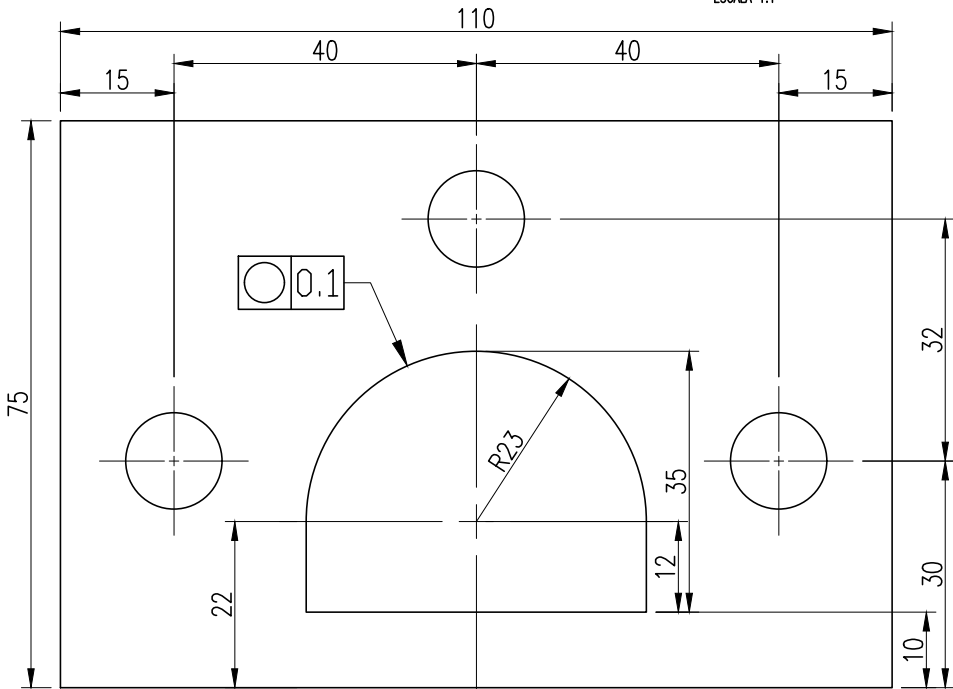
METODO DE PROYECCIÓN	TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"		ESCALA: INDICADA
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE BACH. MIGDALIA MILLIO ALVIS	CAD/CAE		FECHA: 10 FEB 2025
	PLANO DE DETALLE DEL SOPORTE DE RUEDA ING. DE DETALLE		
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	MATERIAL: ASTM A-36	UNIDAD: mm	NÚMERO DE PLANO: MC-PT-106
			REV. 1



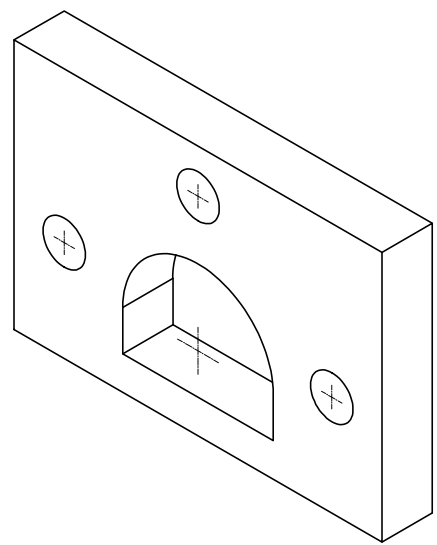
1	1	Eje	SAE 4340
N° DE ELEM	CAN T	DENOMINACIÓN	MATERIAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
METODO DE PROYECCIÓN		TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"	
		CAD/CAE	
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE BACH. MIGDALIA MILLIO ALVIS		PLANO DE DETALLE DEL EJE ING. DE DETALLE	
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES		MATERIAL: SAE 4340	UNIDAD: mm
		NÚMERO DE PLANO: MC-PT-107	REV. 1



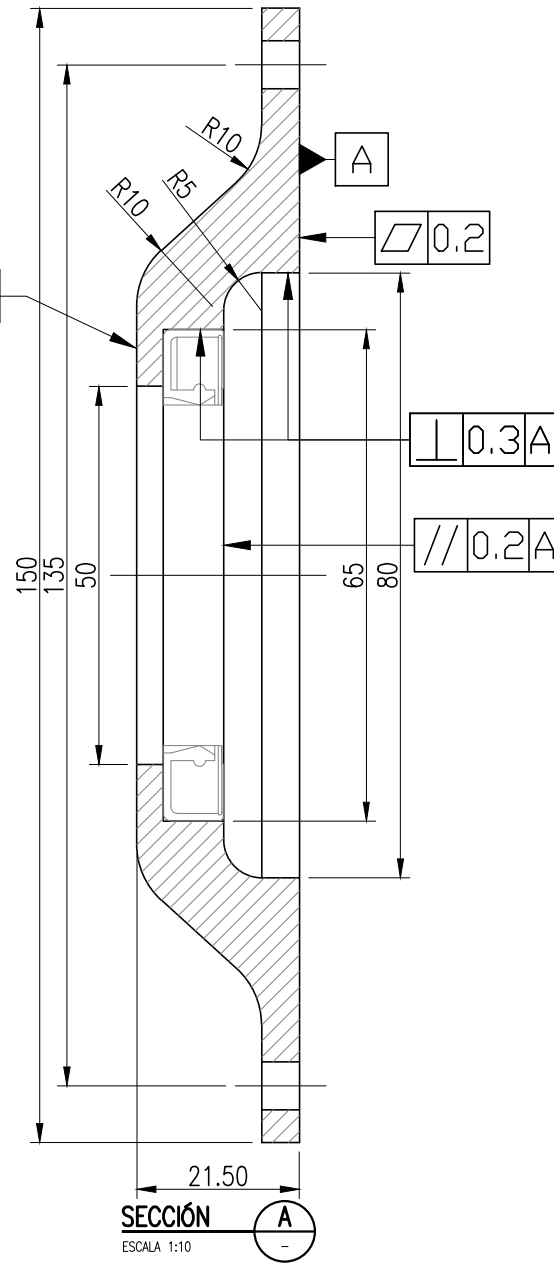
VISTA FRONTAL DE TAPA DE RUEDA
ESCALA 1:1



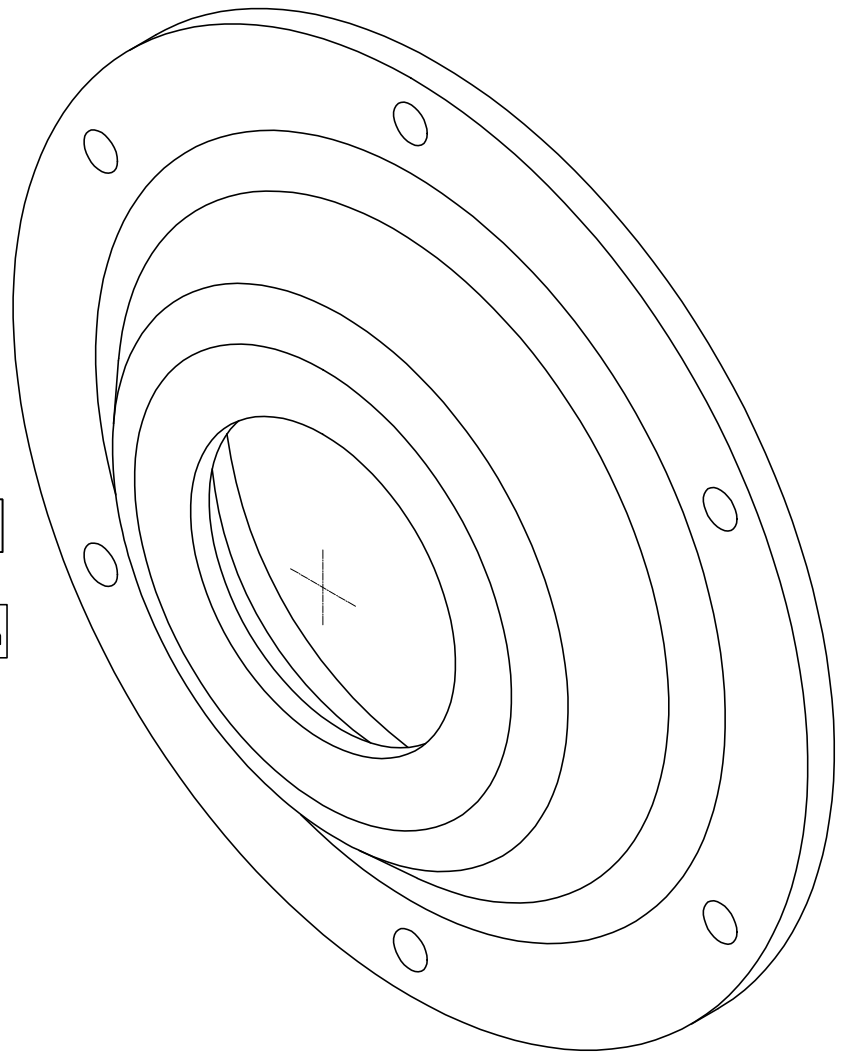
VISTA FRONTAL PLACA DE TOPE DE RUEDA
ESCALA 1:1



ISOMETRICO PLACA DE TOPE DE RUEDA
S/E



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:10

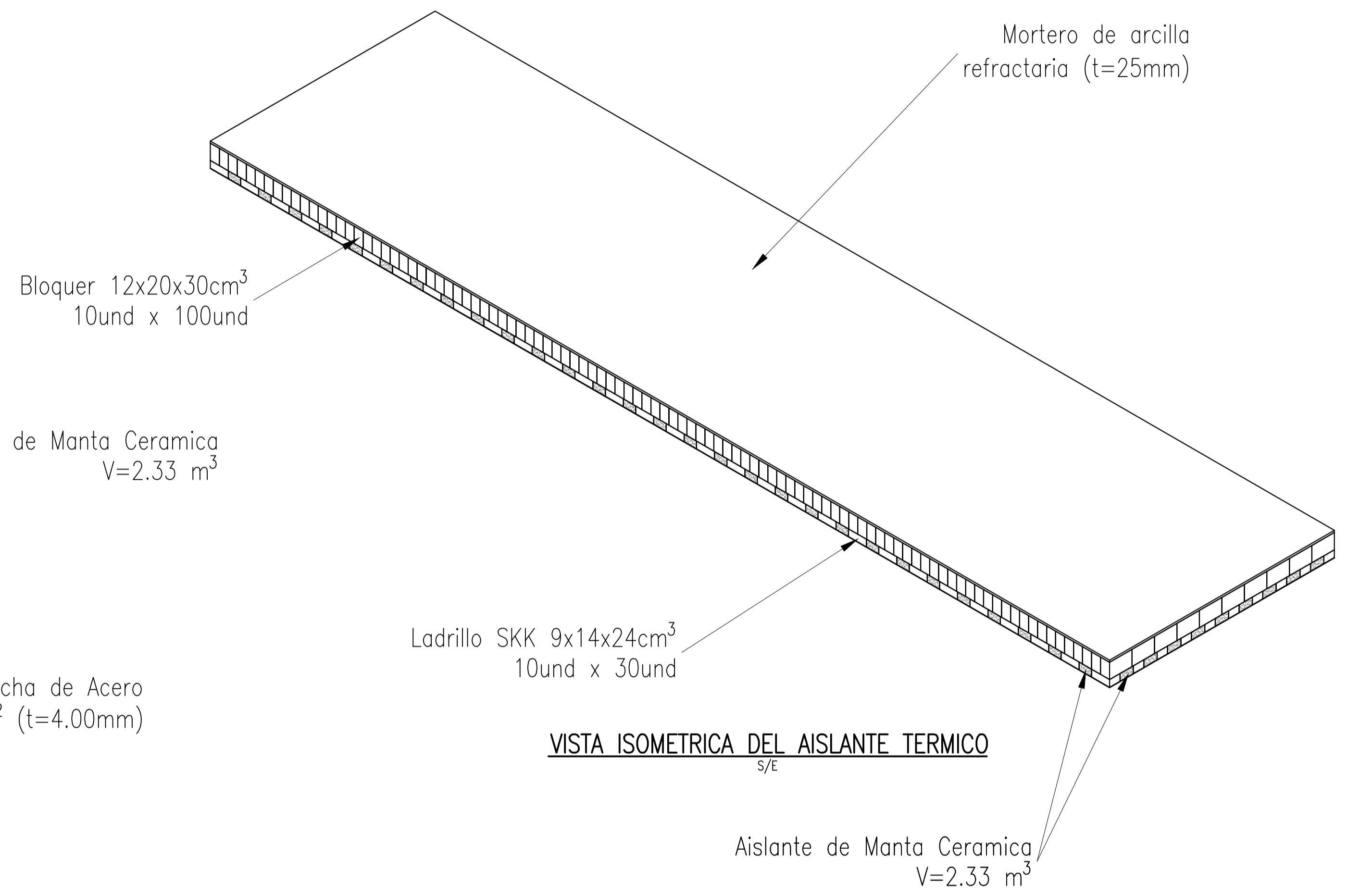
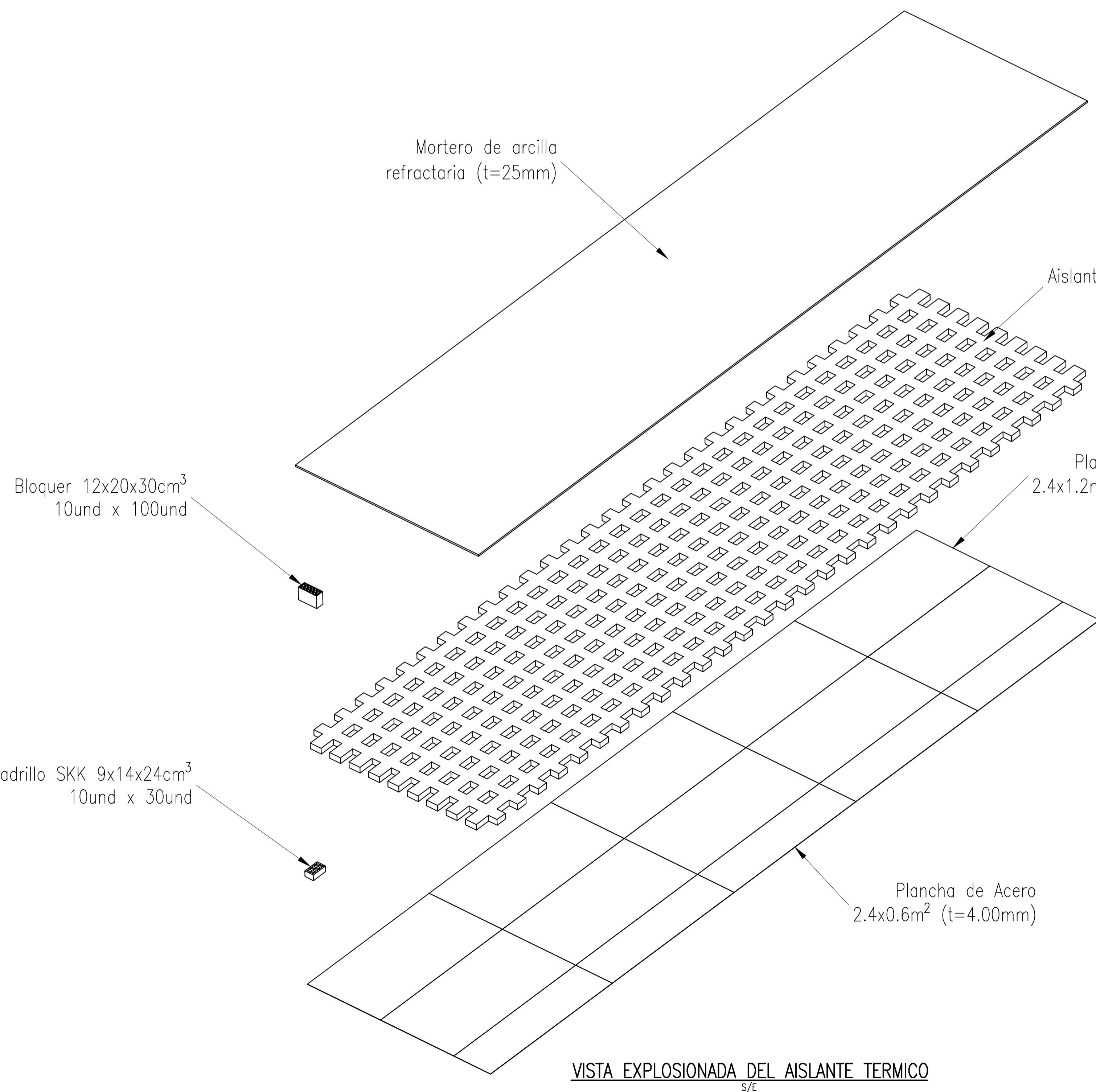
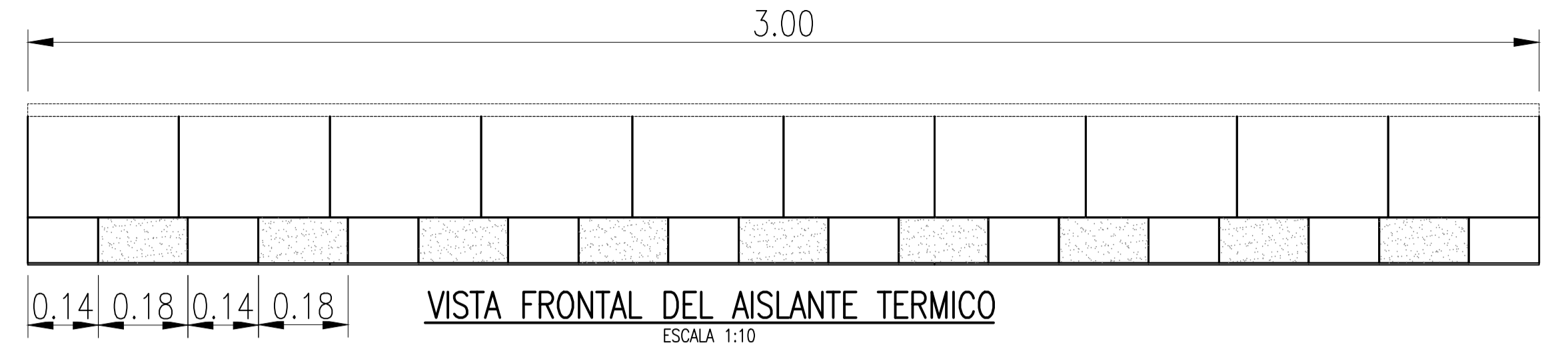
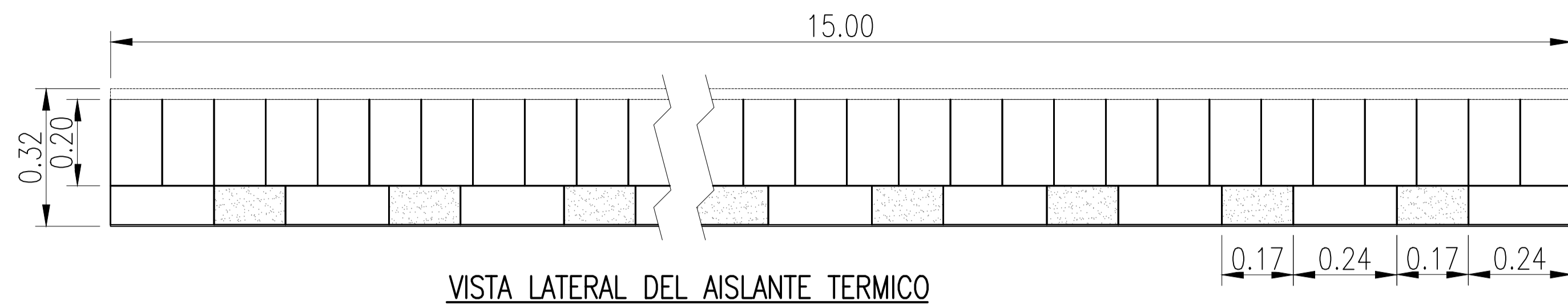


ISOMETRICO DE TAPA DE RUEDA
S/E

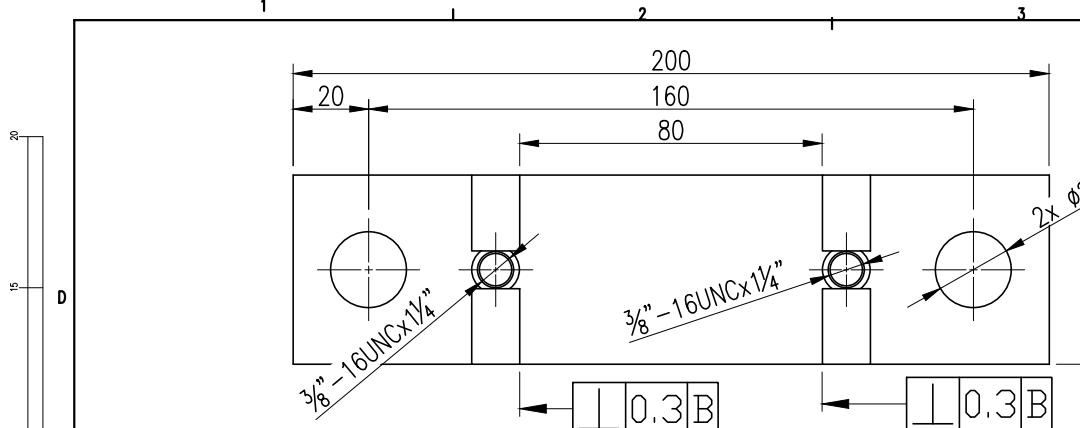
N° DE ELEM	CANT	DENOMINACIÓN	MATERIAL
2	2	Placa de tope 110x75mm ² (t=1/2")	ASTM A-36
1	2	Tapa de rueda $\phi=150$ mm (t=21.5mm)	ASTM A-36

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

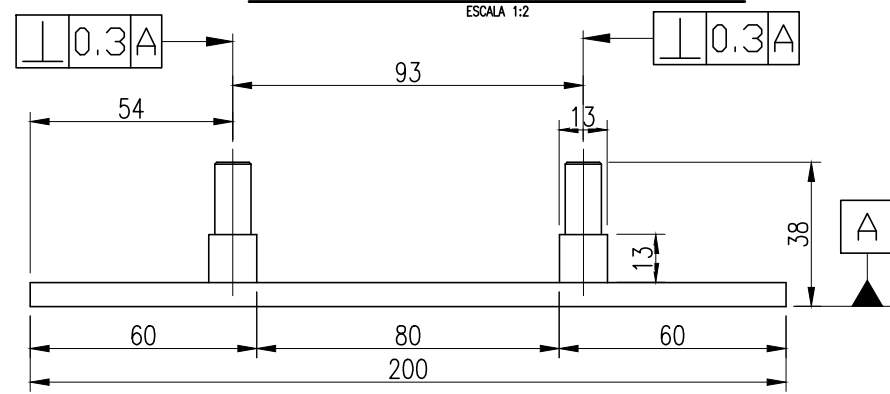
METODO DE PROYECCIÓN	TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"		ESCALA: INDICADA
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE BACH. MIGDALIA MILLIO ALVIS	CAD/CAE TAPA DE RUEDA Y PLACA DE TOPE ING. DE DETALLE		FECHA: 10 FEB 2025
	ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	MATERIAL: ASTM A-36	UNIDAD: mm



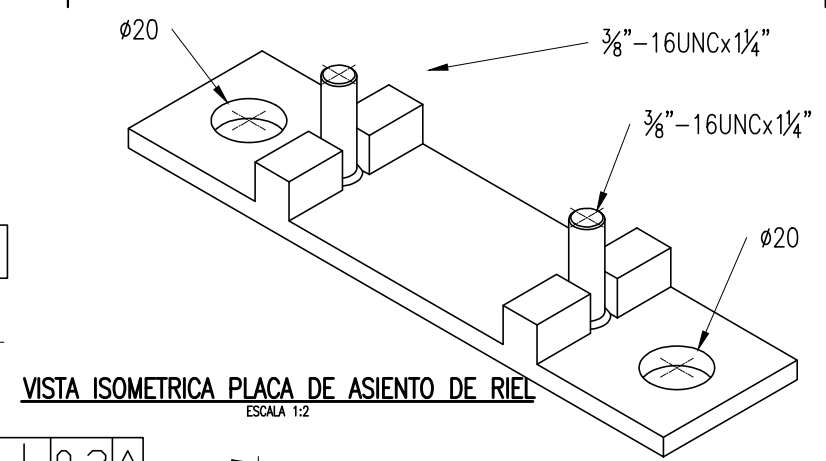
5	1	Mortero de arcilla refractaria (t=25mm)	
4	1000	Ladrillo Bloquer 12x20x30 cm ³	
3	1	Manta de fibra ceramica (V=2.33 m ³)	
2	300	Ladrillo Super King-Kong 9x14x24cm ³	
1	12	Plancha de acero 2.4x1.2m ² (t=4.00mm)	ASTM A-36
N° DE ELEM	CANT	DENOMINACIÓN	MATERIAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
METODO DE PROYECCIÓN		TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAM, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"	
		CAD/CAE	ESCALA: INDICADA
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE ING. MIGDALIA MILLO ALVIZ		FECHA: 10 FEB 2025	
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	MATERIAL: VARIOS	UNIDAD: m	NÚMERO DE PLANO: MC-PT-109



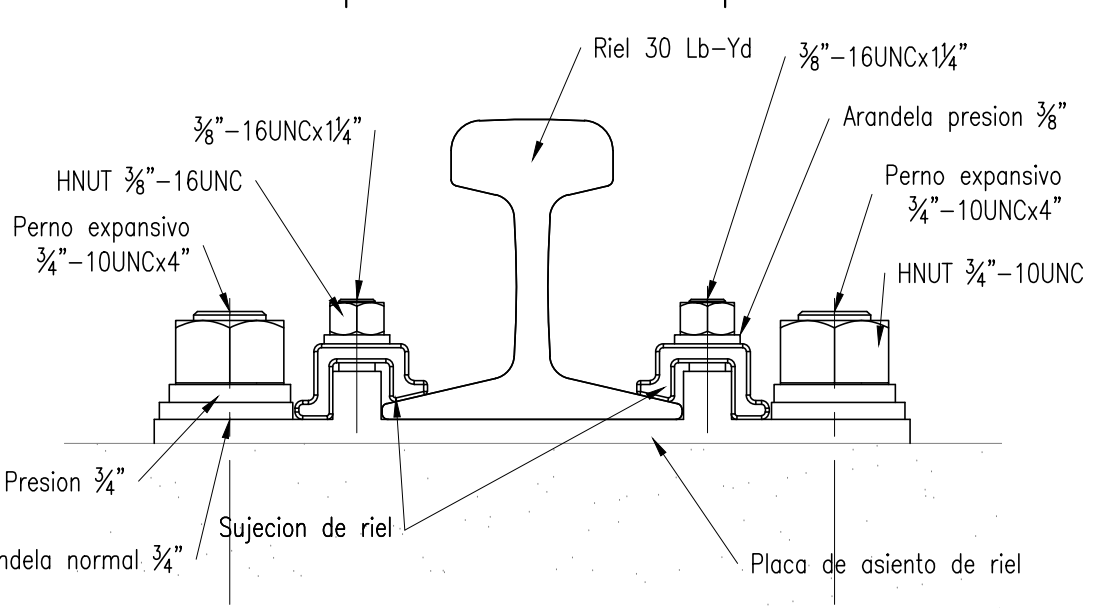
VISTA SUPERIOR PLACA DE ASIENTO DE RIEL
ESCALA 1:2



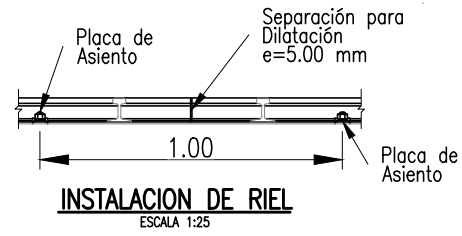
PLACA DE ASIENTO DE RIEL
ESCALA 1:2



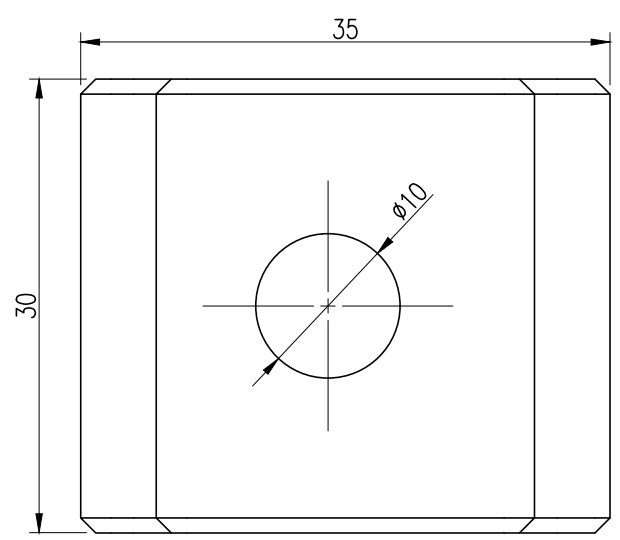
VISTA ISOMETRICA PLACA DE ASIENTO DE RIEL
ESCALA 1:2



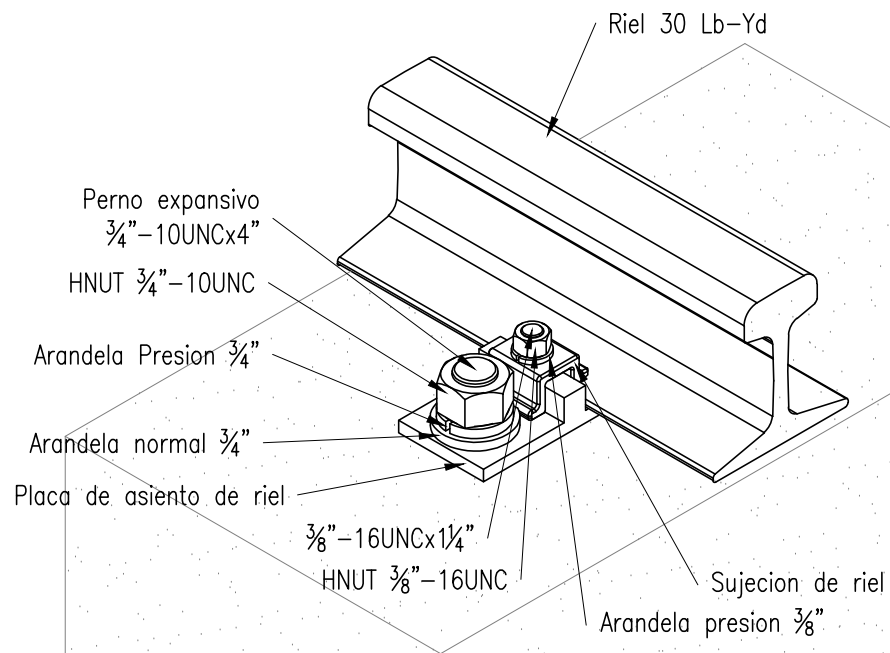
INSTALACION DE RIEL
ESCALA 1:2



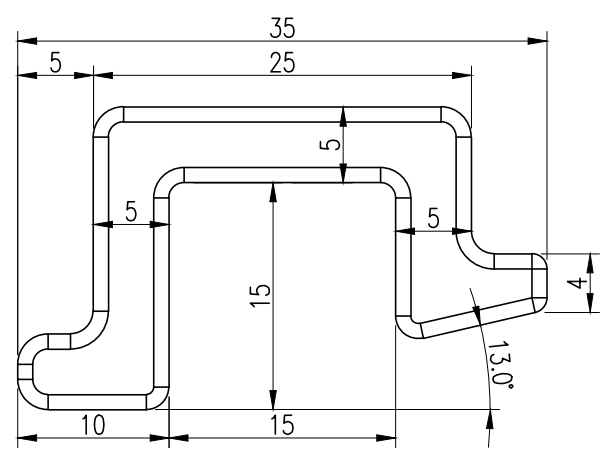
INSTALACION DE RIEL
ESCALA 1:25



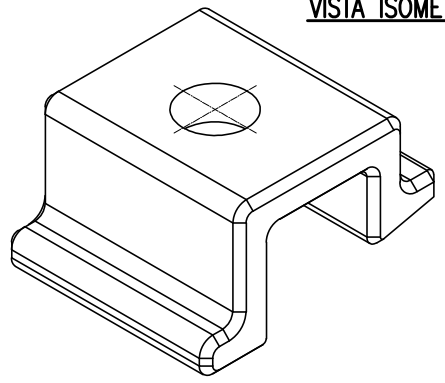
VISTA SUPERIOR SUJECION DE RIEL
ESCALA 2:1



VISTA ISOMETRICA INSTALACION DE RIEL
S/E



SUJECION DE RIEL
ESCALA 2:1



VISTA ISOMETRICA SUJECION DE RIEL
S/E

8	2	Tuerca HNU T 3/8"-16UNC	ASTM A-325
7	2	Arandela de Presion de 3/8"	
6	2	Tuerca HNU T 3/4"-10UNC	ASTM A-325
5	2	Arandela Normal de 3/4"	
4	2	Arandela de Presion de 3/4"	
3	2	Perno expansivo 3/4"-10 UNC x4"	ASTM A-325
2	2	Sujecion de riel	ASTM A-36
1	1	Placa de asiento de riel	ASTM A-36
N° DE ELEM	CANT	DENOMINACIÓN	MATERIAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

METODO DE PROYECCION	TESIS: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"	CAD/CAE	ESCALA: INDICADA
NOMBRE: BACH. JHON A. MAMANI QUISPE BACH. MIGDALIA MILLIO ALVIS	PLANO DE DETALLES DE INSTALACION DE RIEL		FECHA: 10 FEB 2025
ASESOR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	MATERIAL: ASTM A-36	UNIDAD: mm	NÚMERO DE PLANO: MC-PT-110
			REV. 1

ANEXO D: PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE PROYECTO

Anexo D.1. Resumen del Presupuesto

EMPRESA LADRILLERA LATESAN		TESISTAS: JAMQ - MMA	
Resumen del Presupuesto			
Proyecto	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO		
Cliente	EMPRESA LADRILLERA LATESAN		
Departamento	CUSCO		
Provincia	CUSCO		
Distrito	SAN JERONIMO		Costo a: Febrero - 2025
Ítem	Descripción Sub presupuesto	Costo Directo	
01	PLATAFORMA SOBRE RIELES	143,175.35	
SUB TOTAL COSTO DIRECTO		143,175.35	
	Mano de Obra	13,739.34	
	Materiales	125,699.66	
	Equipo	3,736.35	
	COSTO DIRECTO	<u>143,175.35</u>	
	GASTOS GENERALES	10 %	14,317.54
	PRESUPUESTO TOTAL	<u>157,492.89</u>	
Son:	CIENTO CINCUENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y DOS CON 89/100 SOLES		

Anexo D.2. Presupuesto

EMPRESA LADRILLERA LATESAN						TESISTAS: JAMQ - MMA	
Presupuesto							
Proyecto	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO						
Sub Presupuesto	01 - PLATAFORMA SOBRE RIELES						
Cliente	EMPRESA LADRILLERA LATESAN						
Ubicación	SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO					Costo a :	Febrero - 2025
Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01	<u>TRABAJOS Y OBRAS PRELIMINARES</u>						5,983.22
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO					1,200.00	
01.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQ. EQU. HERR.	GLB	1.00	200.00	200.00		
01.01.02	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB	1.00	1,000.00	1,000.00		
01.02	<u>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</u>					3,873.50	
01.02.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	GLB	1.00	3,873.50	3,873.50		
01.03	<u>TRAZO Y REPLANTEO</u>					909.72	
01.03.01	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	M2	126.00	7.22	909.72		
02	<u>INSTALACION DE RIEL</u>						19,948.18
02.01	<u>SUMINISTRO DE RIEL 30 LB-YD Y ACCESORIOS</u>					16,563.82	
02.01.01	SUMINISTRO DE RIEL 30 LB-YD	PZA	14.00	669.11	9,367.54		
02.01.02	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA RIEL	M	84.00	85.67	7,196.28		
02.02	<u>INSTALACION DE RIEL</u>					3,384.36	
02.02.01	PERFORACIÓN, UBICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AGUJEROS EN LA CIMENTACIÓN	UND	168.00	9.37	1,574.16		
02.02.02	INSTALACION DE RIEL 30 LB-YD	M	84.00	21.55	1,810.20		
03	<u>CONJUNTO RUEDA</u>						70,790.40
03.01	<u>CONJUNTO RUEDA</u>					70,790.40	
03.01.01	SOPORTE DE RUEDA	UND	48.00	246.89	11,850.72		
03.01.02	RUEDA DE PLATAFORMA	UND	48.00	1,227.91	58,939.68		
04	<u>PLATAFORMA</u>						19,749.92
04.01	<u>PLATAFORMA 3.00x6.00 M2</u>					18,628.64	
04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	126.00	2.18	274.68		
04.01.02	PLATAFORMA 3.00x6.00 M2	UND	4.00	4,588.49	18,353.96		
04.02	<u>SOLDADURA DE REFUERZO</u>					1,121.28	
04.02.01	REFUERZO DE VIGA PRINCIPAL	UND	192.00	5.84	1,121.28		
05	<u>MONTAJE DE PLATAFORMA SOBRE RIELES</u>						1,937.63
05.01	<u>ENSAMBLAJE DE CONJUNTO RUEDA EN PLATAFORMA</u>					1,154.38	
05.01.01	ENSAMBLAJE DE CONJ. RUEDA EN PLATAFORMA	GLB	1.00	1,154.38	1,154.38		
05.02	<u>MONTAJE DE PLATAFORMA SOBRE RIELES</u>					783.25	
05.02.01	MONTAJE DE PLATAFORMA SOBRE RIELES	GLB	1.00	783.25	783.25		
06	<u>INSTALACION DE AISLANTE TERMICO EN PLATAFORMA</u>						20,266.00
06.01	<u>TRANSPORTE DE MATERIALES</u>					1,000.00	
06.01.01	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB	1.00	1,000.00	1,000.00		

06.02	INSTALACION DE AISLANTE TERMICO EN PLATAFORMA					19,266.00
06.02.01	INSTALACION DE PLANCHA 4MM	GLB	1.00	5,061.64	5,061.64	
06.02.02	ARMADO DE LADRILLO SKK 9x14x24CM3	GLB	1.00	675.79	675.79	
06.02.03	ARMADO DE LADRILLO BLOQUER 12x20x30CM3	GLB	1.00	1,599.80	1,599.80	
06.02.04	REFRACTARIA	M2	72.00	15.03	1,082.16	
06.02.05	MONTAJE DE MANTA DE FIBRA CERAMICA	GLB	1.00	10,846.61	10,846.61	
07	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE PLATAFORMA SOBRE RIELES					4,500.00
07.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE PLATAFORMA SOBRE RIELES					4,500.00
07.01.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00	
COSTO DIRECTO						143,175.35
GASTOS GENERALES						10 % 14,317.54
PRESUPUESTO TOTAL						157,492.89
Son : CIENTO CINCUENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y DOS CON 89/100 SOLES						

Anexo D.3. Análisis de Costos Unitarios

EMPRESA LADRILLERA LATESAN						TESISTAS: JAMQ - MMA	
Análisis de Costos Unitarios							
Proyecto	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO						
Sub Presupuesto	01 - PLATAFORMA SOBRE RIELES						
Cliente	EMPRESA LADRILLERA LATESAN						
Ubicación	SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO					Costo a :	Febrero - 2025
Partida	01.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQ. EQU. HERR.				Rend:	- GLB/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	32 03522	Materiales MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQ. EQUIPO HERRAMIENTAS	GLB		2.0000	100.00	200.00
							200.00
						Costo Unitario por GLB:	200.00
Partida	01.01.02	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES				Rend:	1.0000 GLB/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	32 01853	Materiales TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB		1.0000	1,000.00	1,000.00
							1,000.00
						Costo Unitario por GLB :	1,000.00
Partida	01.02.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL				Rend:	- GLB/DIA

<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
	Materiales					
29 06952	AGUA PARA INGERIR DE 20 L	UND		15.0000	23.30	349.50
30 06950	LENTES DESEGURIDAD (CAMBIO C/5 DIAS)	UND		30.0000	2.50	75.00
37 06948	BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO #41	PAR		6.0000	80.00	480.00
37 06942	CASCO DE SEGURIDAD INCL BARBIQUEJO	UND		6.0000	30.00	180.00
37 06944	FILTRO PARA POLVO	UND		14.0000	60.00	840.00
37 06951	GUANTES (CAMBIO C/5 DIAS X 4 MESES)	par		50.0000	12.00	600.00
37 07042	GUANTES DE SOLDADOR	UND		6.0000	24.00	144.00
37 07041	MANDIL DE CUERO	UND		6.0000	30.00	180.00
37 06953	PROTECTOR DE OIDOS TAPON (CAMBIO C/15 DIAS X 4 MESES)	PAR		12.0000	2.50	30.00
37 06945	RESPIRADORES DE SILICONA	UND		7.0000	95.00	665.00
37 06947	UNIFORME MAMELUCO PARA OBRERO	UND		3.0000	110.00	330.00
						3,873.50
Costo Unitario por GLB :						3,873.50
Partida 01.03.01	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO				Rend:	126.0000 M2/DIA
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
	Mano de Obra					
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	2.000	0.1270	18.69	2.37
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	0.0635	20.65	1.31
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.100	0.0063	26.25	0.17
						3.85
	Materiales					
29 01351	CORDEL	M		0.0264	3.22	0.09
29 02022	YESO EN BOLSAS DE 20 KG. Y TIZA	UND		0.0250	6.30	0.16
43 00020	MADERA TORNILLO	P2		0.0300	3.22	0.10
54 00027	PINTURA ESMALTE	GLN		0.0020	76.00	0.15
						0.50
	Equipo					
30 00085	TEODOLITO	HM	1.000	0.0635	8.40	0.53
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.85	0.12
37 04188	WINCHA DE 50m	HE	1.000	0.0635	35.00	2.22
						2.87
Costo Unitario por M2 :						7.22
Partida 02.01.01	SUMINISTRO DE RIEL 30 LB-YD				Rend:	14.0000 PZA/DIA
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
	Mano de Obra					
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	2.000	1.1429	18.69	21.36
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	0.5714	20.65	11.80
						33.16
	Materiales					
51 06993	RIELES DE 30 LB-YD. x6M	PZA		1.0000	635.95	635.95
						635.95
Costo Unitario por PZA :						669.11
Partida 02.01.02	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA RIEL				Rend:	84.0000 M/DIA
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
	Mano de Obra					
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	1.000	0.0952	18.69	1.78

47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.100	0.0095	26.25	0.25
						2.03
	Materiales					
02 06996	PERNOS DE EXPANSION 3/4"-10 UNC x 4"	UND		2.0000	9.00	18.00
02 02385	TUERCA DE 3/4"-10 UNC	UND		2.0000	0.80	1.60
02 06999	TUERCA DE 3/8"-16 UNC	UND		2.0000	0.50	1.00
51 06994	PLACA DE ASIENTO DE RIEL 30LB-YD	UND		1.0000	30.00	30.00
51 06995	SUJECION DE RIEL	UND		2.0000	15.00	30.00
56 06997	ARANDELA DE PRESION 3/4"	UND		2.0000	0.60	1.20
56 07000	ARANDELA DE PRESION 3/8"	UND		2.0000	0.30	0.60
56 06998	ARANDELA NORMAL 3/4"	UND		2.0000	0.60	1.20
						83.60
	Equipo					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	2.03	0.04
						0.04
Costo Unitario por M :						85.67

Partida	02.02.01	PERFORACIÓN, UBICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AGUJEROS EN LA CIMENTACIÓN				Rend: 56.0000 UND/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	1.000	0.1429	18.69	2.67
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	0.1429	20.65	2.95
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.100	0.0143	26.25	0.38
						6.00
	Materiales					
30 05624	BROCA DIAMANTADA DE 3/4"	UND		0.0200	98.00	1.96
						1.96
	Equipo					
30 01475	NIVEL	HM	0.200	0.0286	6.40	0.18
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	6.00	0.30
37 04188	WINCHA DE 50m	HE	0.100	0.0143	35.00	0.50
49 03368	TALADRO DE CONCRETO	HM	0.200	0.0286	15.00	0.43
						1.41
Costo Unitario por UND :						9.37

Partida	02.02.02	INSTALACION DE RIEL 30 LB-YD				Rend: 28.0000 M/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	2.000	0.5714	18.69	10.68
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	0.2857	20.65	5.90
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.250	0.0714	26.25	1.87
						18.45
	Equipo					
30 01475	NIVEL	HM	0.100	0.0286	6.40	0.18
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	18.45	0.92
37 04188	WINCHA DE 50m	HE	0.200	0.0571	35.00	2.00
						3.10
Costo Unitario por M :						21.55

Partida	03.01.01	SOPORTE DE RUEDA				Rend: 10.0000 UND/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial

	Mano de Obra						
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	1.000	0.8000	18.69	14.95	
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	0.8000	20.65	16.52	
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.500	0.4000	26.25	10.50	
						41.97	
	Materiales						
17 07005	PLANCHA 106x130 mm2 (t=1/2")	PZA	2.0000		8.93	17.86	
17 07004	PLANCHA 160x130 mm2 (t=1/2")	PZA	1.0000		13.48	13.48	
17 07003	PLANCHA 324x182 mm2 (t=1/2")	PZA	2.0000		38.21	76.42	
17 07008	PLANCHA 55x45 mm2 (t=3/8")	PZA	8.0000		1.18	9.44	
17 07007	PLANCHA 75x45 mm2 (t=3/8")	PZA	4.0000		1.60	6.40	
17 07006	PLANCHA 95x130 mm2 (t=1/2")	PZA	2.0000		8.00	16.00	
29 07013	CEPILLO COPA 3"	UND	0.1500		7.90	1.19	
29 07010	DISCO DE CORTE DE 4.5"	UND	0.0500		4.70	0.24	
29 07011	DISCO DE CORTE DE 7"	UND	0.2000		6.50	1.30	
29 07012	DISCO DE DESBASTE DE 7"	UND	0.1000		9.70	0.97	
29 01019	ELECTRODO E7018 - 1/8"	KG	0.5000		17.00	8.50	
30 04477	BASE PARA PINTURA	GLN	0.2000		63.00	12.60	
54 02759	DILUYENTE PARA PINTURA DE ADHERENCIA	GLN	0.5000		20.00	10.00	
54 00027	PINTURA ESMALTE	GLN	0.2000		76.00	15.20	
						189.60	
	Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	41.97	2.10	
48 00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	0.050	0.0400	15.00	0.60	
48 07009	AMOLADORA DE 7"	HM	0.050	0.0400	18.00	0.72	
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	0.100	0.0800	35.00	2.80	
49 02104	COMPRESORA PARA PINTURA	HM	0.050	0.0400	22.50	0.90	
49 07002	MACHO DE ROSCAR 5/8"	UND		0.1000	70.00	7.00	
49 07001	TALADRO DE BANCO	HM	0.100	0.0800	15.00	1.20	
						15.32	
						Costo Unitario por UND : 246.89	

Partida **03.01.02**

RUEDA DE PLATAFORMA

Rend: 12.0000 UND/DIA

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	0.6667	20.65	13.77
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.010	0.0067	26.25	0.18
						13.95
	Materiales					
02 07025	ARANDELA NORMAL 1/2"	UND		6.0000	0.35	2.10
02 07018	EJE DIAM 57MM - 200 MM	PZA		1.0000	223.90	223.90
02 07026	PERNO HEXAGONAL DE 1/2"-13 UNC x 1 1/8"	PZA		6.0000	1.20	7.20
02 07027	PERNO HEXAGONAL DE 1/4"-20 UNC x 1/2"	PZA		12.0000	0.80	9.60
02 07028	PUNTO DE ENGRASE NPT 1/4" - RECTO	UND		1.0000	1.00	1.00
30 07017	RUEDA	UND		1.0000	413.36	413.36
49 07020	ARANDELA DE FIJACION MB-10	UND		2.0000	18.00	36.00
49 07019	RODAMIENTO 30310	UND		2.0000	90.00	180.00
49 07022	SELLO RADIAL 45x65x8	UND		2.0000	15.00	30.00
49 07021	TUERCA DE FIJACION KM-10	UND		2.0000	32.00	64.00
56 07024	PLACA TOPE	PZA		2.0000	35.00	70.00
57 07023	TAPA DE RUEDA - TORNEADO	UND		2.0000	88.00	176.00
						1,213.16
	Equipo					

37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	13.95	0.70
48 00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	0.010	0.0067	15.00	0.10
						0.80
Costo Unitario por UND : 1,227.91						
Partida 04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR		Rend: 126.0000 M2/DIA			
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
Mano de Obra						
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	0.500	0.0317	18.69	0.59
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	0.500	0.0317	20.65	0.65
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.010	0.0006	26.25	0.02
						1.26
Materiales						
30 00266	CORDEL	M		0.2000	3.22	0.64
						0.64
Equipo						
30 01475	NIVEL	HM	0.500	0.0317	6.40	0.20
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.26	0.06
37 04188	WINCHA DE 50m	HE	0.010	0.0006	35.00	0.02
						0.28
Costo Unitario por M2 : 2.18						
Partida 04.01.02	PLATAFORMA 3.00x6.00 M2		Rend: 0.5000 UND/DIA			
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>
Mano de Obra						
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	1.000	16.0000	18.69	299.04
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	16.0000	20.65	330.40
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.500	8.0000	26.25	210.00
						839.44
Materiales						
29 07013	CEPILLO COPA 3"	UND		0.2500	7.90	1.98
29 07030	DISCO DE CORTE DE 14"	UND		0.5000	16.90	8.45
29 07011	DISCO DE CORTE DE 7"	UND		2.0000	6.50	13.00
29 07012	DISCO DE DESBASTE DE 7"	UND		3.0000	9.70	29.10
29 01019	ELECTRODO E7018 - 1/8"	KG		7.0000	17.00	119.00
30 04477	BASE PARA PINTURA	GLN		0.5000	63.00	31.50
30 03366	BROCA DIAMANTADA DE 5/8"	UND		1.0000	35.00	35.00
54 02759	DILUYENTE PARA PINTURA DE ADHERENCIA	GLN		0.5000	20.00	10.00
54 00027	PINTURA ESMALTE	GLN		0.2000	76.00	15.20
65 07032	PERFIL DE ACERO C3x4.1 - 6M	PZA		9.5000	245.50	2,332.25
65 07031	PERFIL DE ACERO C4x5.4 - 6M	PZA		4.0000	222.00	888.00
						3,483.48
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	839.44	41.97
48 00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	0.050	0.8000	15.00	12.00
48 07009	AMOLADORA DE 7"	HM	0.050	0.8000	18.00	14.40
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	0.100	1.6000	35.00	56.00
48 07029	TRONZADORA 14"	HM	0.100	1.6000	22.00	35.20
49 02104	COMPRESORA PARA PINTURA	HM	0.050	0.8000	22.50	18.00
49 07001	TALADRO DE BANCO	HM	0.100	1.6000	15.00	24.00
49 07033	TALADRO MANUAL	HM	0.500	8.0000	8.00	64.00
						265.57

Costo Unitario por UND : **4,588.49**

Partida	04.02.01	REFUERZO DE VIGA PRINCIPAL					Rend: 64.0000 UND/DIA
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>	
	Mano de Obra						
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	0.001	0.0001	18.69	-	
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	0.005	0.0006	20.65	0.01	
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.010	0.0013	26.25	0.03	
						0.04	
	Materiales						
29 07013	CEPILLO COPA 3"	UND		0.0050	7.90	0.04	
29 07030	DISCO DE CORTE DE 14"	UND		0.0025	16.90	0.04	
29 07011	DISCO DE CORTE DE 7"	UND		0.0800	6.50	0.52	
29 07012	DISCO DE DESBASTE DE 7"	UND		0.0500	9.70	0.49	
29 01019	ELECTRODO E7018 - 1/8"	KG		0.0600	17.00	1.02	
57 07034	PLANCHA DE ACERO DE 4MM - 2.4x1.2M2	UND		0.0100	362.03	3.62	
						5.73	
	Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	-	
48 00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	0.001	0.0001	15.00	-	
48 07009	AMOLADORA DE 7"	HM	0.005	0.0006	18.00	0.01	
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	0.010	0.0013	35.00	0.05	
48 07029	TRONZADORA 14"	HM	0.005	0.0006	22.00	0.01	
						0.07	
Costo Unitario por UND :						5.84	

Partida	05.01.01	ENSABLAJE DE CONJ. RUEDA EN PLATAFORMA					Rend: 0.5000 GLB/DIA
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>	
	Mano de Obra						
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	1.000	16.0000	18.69	299.04	
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	16.0000	20.65	330.40	
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.500	8.0000	26.25	210.00	
						839.44	
	Materiales						
02 07038	ARANDELA NORMAL 5/8"	UND		48.0000	0.45	21.60	
02 07035	PERNOS DE EXPANSION 5/8"-11 UNC x 1 5/8"	UND		48.0000	3.50	168.00	
02 07036	TUERCA DE 5/8"-11 UNC	UND		48.0000	1.20	57.60	
29 07010	DISCO DE CORTE DE 4.5"	UND		0.1000	4.70	0.47	
29 07039	DISCO DE DESBASTE DE 4.5"	UND		0.2000	6.50	1.30	
56 07037	ARANDELA DE PRESION 5/8"	UND		48.0000	0.45	21.60	
						270.57	
	Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	839.44	41.97	
48 00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	0.010	0.1600	15.00	2.40	
						44.37	
Costo Unitario por GLB :						1,154.38	

Partida	05.02.01	MONTAJE DE PLATAFORMA SOBRE RIELES					Rend: 2.0000 GLB/DIA
<i>Código</i>	<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>	
	Mano de Obra						
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	3.000	12.0000	18.69	224.28	

47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	4.0000	20.65	82.60
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.100	0.4000	26.25	10.50
						317.38
	Equipo					
14 06374	CAMIÓN GRUA TIPO PLUMA CON BRAZO MECÁNICO	GLB	1.0000	450.00		450.00
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	5.0000	317.38		15.87
						465.87
						Costo Unitario por GLB : 783.25
Partida 06.01.01	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES					Rend: 1.0000 GLB/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Materiales					
32 01853	TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB	1.0000	1,000.00		1,000.00
						1,000.00
						Costo Unitario por GLB : 1,000.00
Partida 06.02.01	INSTALACION DE PLANCHA 4MM					Rend: 0.5000 GLB/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	0.500	8.0000	18.69	149.52
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	0.500	8.0000	20.65	165.20
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.250	4.0000	26.25	105.00
						419.72
	Materiales					
29 07011	DISCO DE CORTE DE 7"	UND		1.0000	6.50	6.50
29 07039	DISCO DE DESBASTE DE 4.5"	UND		0.1000	6.50	0.65
29 01019	ELECTRODO E7018 - 1/8"	KG		2.0000	17.00	34.00
57 07034	PLANCHA DE ACERO DE 4MM - 2.4x1.2M2	UND		12.5000	362.03	4,525.38
						4,566.53
	Equipo					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	419.72	20.99
48 00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	0.050	0.8000	15.00	12.00
48 07009	AMOLADORA DE 7"	HM	0.050	0.8000	18.00	14.40
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	0.050	0.8000	35.00	28.00
						75.39
						Costo Unitario por GLB : 5,061.64
Partida 06.02.02	ARMADO DE LADRILLO SKK 9x14x24CM3					Rend: 1.0000 GLB/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	1.000	8.0000	18.69	149.52
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	8.0000	20.65	165.20
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.100	0.8000	26.25	21.00
						335.72
	Materiales					
17 00076	LADRILLO BLOQUER 12x20x30 CM	UND		300.0000	1.10	330.00
						330.00
	Equipo					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	335.72	10.07
						10.07
						Costo Unitario por GLB : 675.79

Partida	06.02.03	ARMADO DE LADRILLO BLOQUER 12x20x30CM3				Rend: 1.0000 GLB/DIA	
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	2.000	16.0000	18.69	299.04
	47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	8.0000	20.65	165.20
	47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.100	0.8000	26.25	21.00
							485.24
		Materiales					
	17 00076	LADRILLO BLOQUER 12x20x30 CM	UND		1,000.0000	1.10	1,100.00
							1,100.00
		Equipo					
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	485.24	14.56
							14.56
							Costo Unitario por GLB : 1,599.80
Partida	06.02.04	APLICACION DE MORTERO DE ARCILLA REFRACTARIA				Rend: 72.0000 M2/DIA	
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	2.000	0.2222	18.69	4.15
	47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	0.1111	20.65	2.29
	47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.200	0.0222	26.25	0.58
							7.02
		Materiales					
	30 05662	MORTERO DE ARCILLA REFRACTARIA	GLB		1.0000	7.66	7.66
							7.66
		Equipo					
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	7.02	0.35
							0.35
							Costo Unitario por M2 : 15.03
Partida	06.02.05	MONTAJE DE MANTA DE FIBRA CERAMICA				Rend: 0.5000 GLB/DIA	
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 07015	AYUDANTE SOLDADOR	HH	2.000	32.0000	18.69	598.08
	47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	1.000	16.0000	20.65	330.40
	47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	0.050	0.8000	26.25	21.00
							949.48
		Materiales					
	17 00076	LADRILLO BLOQUER 12x20x30 CM	UND		1.0000	1.10	1.10
	30 07040	MANTA DE FIBRA CERAMICA	M3		2.3300	4,235.00	9,867.55
							9,868.65
		Equipo					
	37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	949.48	28.48
							28.48
							Costo Unitario por GLB: 10,846.61
Partida	07.01.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO				Rend: - GLB/DIA	
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Materiales					

39 06041	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	UND	1.0000	4,500.00	4,500.00
					4,500.00
					Costo Unitario por GLB: 4,500.00

Anexo D.4. Lista de Insumos

EMPRESA LADRILLERA LATESAN		TESISTAS: JAMQ - MMA				
Listado Total de Insumos						
Proyecto	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO					
Cliente	EMPRESA LADRILLERA LATESAN					
Ubicación	SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO				Costo a : Febrero - 2025	
IU	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
		<u>MANO DE OBRA</u>				
47 07015		AYUDANTE SOLDADOR	HH	326.39	18.69	6,100.23
47 07016		OFICIAL SOLDADOR	HH	270.50	20.65	5,585.83
47 07014		OPERARIO SOLDADOR	HH	78.22	26.25	2,053.28
						13,739.34
		<u>MATERIALES</u>				
02 07025		ARANDELA NORMAL 1/2"	UND	288.06	0.35	100.82
02 07038		ARANDELA NORMAL 5/8"	UND	48.00	0.45	21.60
02 07018		EJE DIAM 57MM - 200 MM	PZA	48.00	223.90	10,747.20
02 07026		PERNO HEXAGONAL DE 1/2"-13 UNC x 1 1/8"	PZA	288.02	1.20	345.62
02 07027		PERNO HEXAGONAL DE 1/4"-20 UNC x 1/2"	PZA	576.03	0.80	460.82
02 06996		PERNOS DE EXPANSION 3/4"-10 UNC x 4"	UND	168.00	9.00	1,512.00
02 07035		PERNOS DE EXPANSION 5/8"-11 UNC x 1 5/8"	UND	48.00	3.50	168.00
02 07028		PUNTO DE ENGRASE NPT 1/4" - RECTO	UND	48.02	1.00	48.02
02 02385		TUERCA DE 3/4"-10 UNC	UND	168.01	0.80	134.41
02 06999		TUERCA DE 3/8"-16 UNC	UND	168.02	0.50	84.01
02 07036		TUERCA DE 5/8"-11 UNC	UND	48.00	1.20	57.60
17 00076		LADRILLO BLOQUER 12x20x30 CM	UND	1,301.00	1.10	1,431.10
17 07005		PLANCHA 106x130 mm2 (t=1/2")	PZA	96.00	8.93	857.28
17 07004		PLANCHA 160x130 mm2 (t=1/2")	PZA	48.00	13.48	647.04
17 07003		PLANCHA 324x182 mm2 (t=1/2")	PZA	96.00	38.21	3,668.16
17 07008		PLANCHA 55x45 mm2 (t=3/8")	PZA	384.02	1.18	453.14
17 07007		PLANCHA 75x45 mm2 (t=3/8")	PZA	192.01	1.60	307.22
17 07006		PLANCHA 95x130 mm2 (t=1/2")	PZA	96.00	8.00	768.00
29 06952		AGUA PARA INGERIR DE 20 L	UND	15.00	23.30	349.50
29 07013		CEPILLO COPA 3"	UND	9.15	7.90	72.29
29 01351		CORDEL	M	3.34	3.22	10.75
29 07030		DISCO DE CORTE DE 14"	UND	2.47	16.90	41.74
29 07010		DISCO DE CORTE DE 4.5"	UND	2.50	4.70	11.75
29 07011		DISCO DE CORTE DE 7"	UND	33.95	6.50	220.68
29 07039		DISCO DE DESBASTE DE 4.5"	UND	0.30	6.50	1.95

29 07012	DISCO DE DESBASTE DE 7"	UND	26.39	9.70	255.98
29 01019	ELECTRODO E7018 - 1/8"	KG	65.52	17.00	1,113.84
29 02022	YESO EN BOLSAS DE 20 KG. Y TIZA	UND	3.16	6.30	19.91
30 04477	BASE PARA PINTURA	GLN	11.60	63.00	730.80
30 05624	BROCA DIAMANTADA DE 3/4"	UND	3.36	98.00	329.28
30 03366	BROCA DIAMANTADA DE 5/8"	UND	4.00	35.00	140.00
30 00266	CORDEL	M	25.14	3.22	80.95
30 06950	LENTES DE SEGURIDAD (CAMBIO C/5 DIAS)	UND	30.00	2.50	75.00
30 07040	MANTA DE FIBRA CERAMICA	M3	2.33	4,235.00	9,867.55
30 05662	MORTERO DE ARCILLA REFRACTARIA	GLB	71.98	7.66	551.37
30 07017	RUEDA	UND	48.00	413.36	19,841.28
32 03522	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQ. EQUIPO HERRAMIENTAS	GLB	2.00	100.00	200.00
32 01853	TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB	2.00	1,000.00	2,000.00
37 06948	BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO #41	PAR	6.00	80.00	480.00
37 06942	CASCO DE SEGURIDAD INCL BARBIQUEJO	UND	6.00	30.00	180.00
37 06944	FILTRO PARA POLVO	UND	14.00	60.00	840.00
37 06951	GUANTES (CAMBIO C/5 DIAS X 4 MESES)	par	50.00	12.00	600.00
37 07042	GUANTES DE SOLDADOR	UND	6.00	24.00	144.00
37 07041	MANDIL DE CUERO	UND	6.00	30.00	180.00
37 06953	PROTECTOR DE OIDOS TAPON (CAMBIO C/15 DIAS X 4 MESES)	PAR	12.00	2.50	30.00
37 06945	RESPIRADORES DE SILICONA	UND	7.00	95.00	665.00
37 06947	UNIFORME MAMELUCO PARA OBRERO	UND	3.00	110.00	330.00
39 06041	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	UND	1.00	4,500.00	4,500.00
43 00020	MADERA TORNILLO	P2	3.79	3.22	12.20
49 07020	ARANDELA DE FIJACION MB-10	UND	96.00	18.00	1,728.00
49 07019	RODAMIENTO 30310	UND	96.00	90.00	8,640.00
49 07022	SELLO RADIAL 45x65x8	UND	96.00	15.00	1,440.00
49 07021	TUERCA DE FIJACION KM-10	UND	96.00	32.00	3,072.00
51 06994	PLACA DE ASIENTO DE RIEL 30LB-YD	UND	84.00	30.00	2,520.00
51 06993	RIELES DE 30 LB-YD. x6M	PZA	14.00	635.95	8,903.30
51 06995	SUJECION DE RIEL	UND	168.00	15.00	2,520.00
54 02759	DILUYENTE PARA PINTURA DE ADHERENCIA	GLN	26.00	20.00	520.00
54 00027	PINTURA ESMALTE	GLN	10.65	76.00	809.40
56 06997	ARANDELA DE PRESION 3/4"	UND	168.02	0.60	100.81
56 07000	ARANDELA DE PRESION 3/8"	UND	168.03	0.30	50.41
56 07037	ARANDELA DE PRESION 5/8"	UND	48.00	0.45	21.60
56 06998	ARANDELA NORMAL 3/4"	UND	168.02	0.60	100.81
56 07024	PLACA TOPE	PZA	96.00	35.00	3,360.00
57 07034	PLANCHA DE ACERO DE 4MM - 2.4x1.2M2	UND	14.42	362.03	5,220.47
57 07023	TAPA DE RUEDA - TORNEADO	UND	96.00	88.00	8,448.00
65 07032	PERFIL DE ACERO C3x4.1 - 6M	PZA	38.00	245.50	9,329.00
65 07031	PERFIL DE ACERO C4x5.4 - 6M	PZA	16.00	222.00	3,552.00
					126,023.66
	<u>EQUIPO</u>				
14 06374	CAMIÓN GRUA TIPO PLUMA CON BRAZO MECÁNICO	GLB	1.00	450.00	450.00
30 01475	NIVEL	HM	11.16	6.40	71.42
30 00085	TEODOLITO	HM	8.00	8.40	67.20
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			613.12
37 04188	WINCHA DE 50m	HE	15.27	35.00	534.45
48 00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	6.42	15.00	96.30
48 07009	AMOLADORA DE 7"	HM	6.03	18.00	108.54
48 00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	11.29	35.00	395.15
48 07029	TRONZADORA 14"	HM	6.51	22.00	143.22

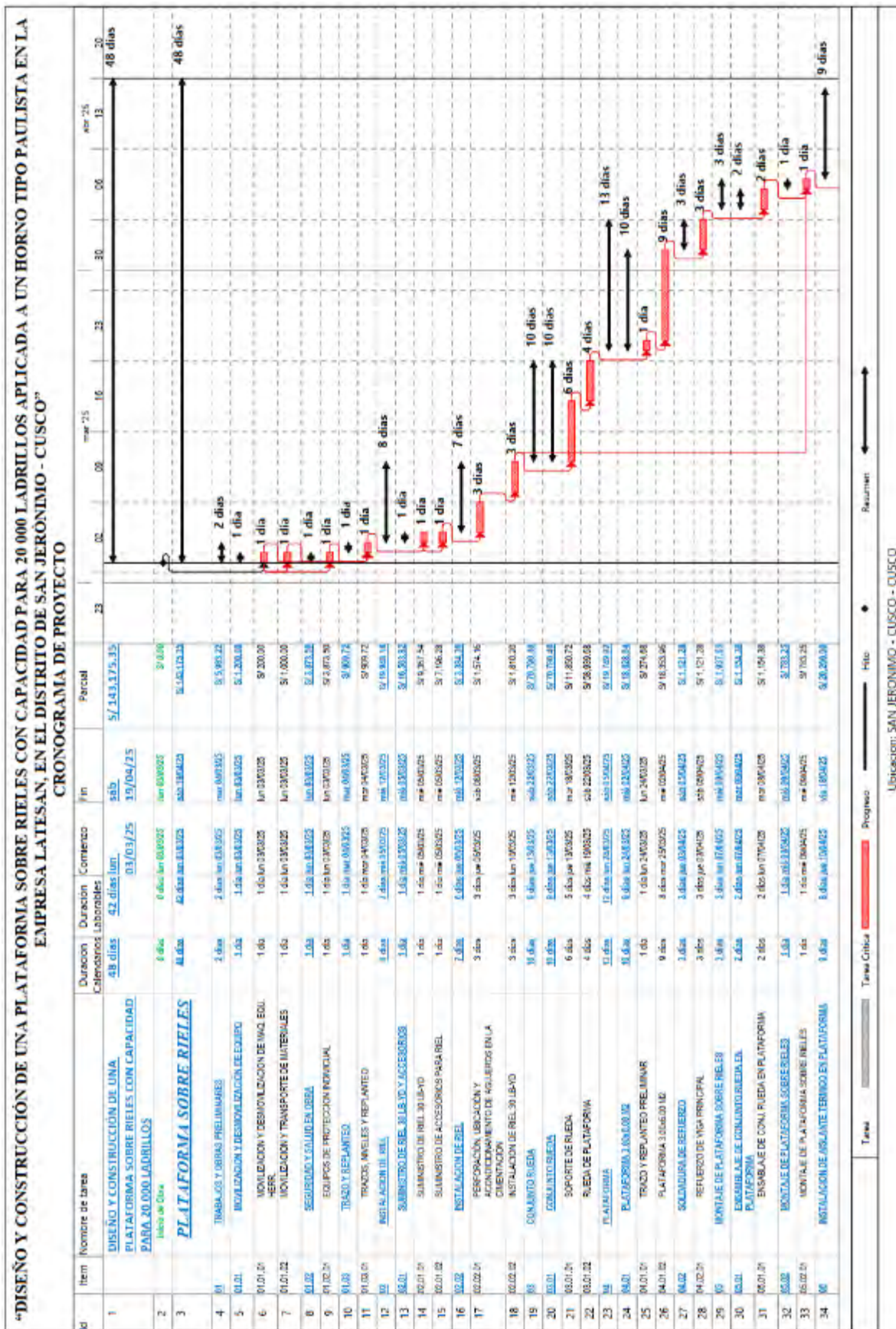
49 02104	COMPRESORA PARA PINTURA	HM	5.12	22.50	115.20
49 07002	MACHO DE ROSCAR 5/8"	UND	4.80	70.00	336.00
49 07001	TALADRO DE BANCO	HM	10.24	15.00	153.60
49 03368	TALADRO DE CONCRETO	HM	4.81	15.00	72.15
49 07033	TALADRO MANUAL	HM	32.00	8.00	256.00
					3,412.35
COSTO DIRECTO					143,175.35
GASTOS GENERALES				10 %	14,317.54
PRESUPUESTO TOTAL					157,492.89
Son : CIENTO CINCUENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y DOS CON 89/100 SOLES					

Anexo D.5. Metrados

EMPRESA LADRILLERA LATESAN		TESISTAS: JAMQ - MMA	
Planilla de Sustento de Metrados			
Proyecto	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO		
Sub Presupuesto	01 - PLATAFORMA SOBRE RIELES		
Cliente	EMPRESA LADRILLERA LATESAN		
Ubicación	SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO		
Partida	01.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQ. EQU. HERR.	Total : 1.00 GLB
Partida	01.01.02	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES	Total : 1.00 GLB
Partida	01.02.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	Total : 1.00 GLB
Partida	01.03.01	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	Total : 126.00 M2
Partida	02.01.01	SUMINISTRO DE RIEL 30 LB-YD	Total : 14.00 PZA
Partida	02.01.02	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA RIEL	Total : 84.00 M
Partida	02.02.01	PERFORACIÓN, UBICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AGUJEROS EN LA CIMENTACIÓN	Total : 168.00 UND
Partida	02.02.02	INSTALACION DE RIEL 30 LB-YD	Total : 84.00 M
Partida	03.01.01	SOPORTE DE RUEDA	Total : 48.00 UND
Partida	03.01.02	RUEDA DE PLATAFORMA	Total : 48.00 UND

Partida	04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	<i>Total :</i>	126.00 M2
Partida	04.01.02	PLATAFORMA 3.00x6.00 M2	<i>Total :</i>	4.00 UND
Partida	04.02.01	REFUERZO DE VIGA PRINCIPAL	<i>Total :</i>	192.00 UND
Partida	05.01.01	ENSABLAJE DE CONJ. RUEDA EN PLATAFORMA	<i>Total :</i>	1.00 GLB
Partida	05.02.01	MONTAJE DE PLATAFORMA SOBRE RIELES	<i>Total :</i>	1.00 GLB
Partida	06.01.01	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES	<i>Total :</i>	1.00 GLB
Partida	06.02.01	INSTALACION DE PLANCHA 4MM	<i>Total :</i>	1.00 GLB
Partida	06.02.02	ARMADO DE LADRILLO SKK 9x14x24CM3	<i>Total :</i>	1.00 GLB
Partida	06.02.03	ARMADO DE LADRILLO BLOQUER 12x20x30CM3	<i>Total :</i>	1.00 GLB
Partida	06.02.04	APLICACION DE MORTERO DE ARCILLA REFRACTARIA	<i>Total :</i>	72.00 M2
Partida	06.02.05	MONTAJE DE MANTA DE FIBRA CERAMICA	<i>Total :</i>	1.00 GLB
Partida	07.01.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	<i>Total :</i>	1.00 GLB

Anexo D.6. Cronograma de Proyecto



"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"
CRONOGRAMA DE PROYECTO

Id	Item	Nombre de tarea	Duración Calendarios Laborables	Comienzo	Fin	Parcial	23	02	16	30	06	13	20
35	35.01	TRANSPORTE DE MATERIALES	1 día	16.03.08	16.03.08	SI 1,200.00							
36	36.01.01	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES	1 día	16.03.08	16.03.08	SI 1,200.00							
37	36.02	INSTALACION DE ASISTENTE TECNICO EN PLATAFORMA	8 días	16.03.08	23.03.08	SI 13,200.00							
38	36.02.01	INSTALACION DE PLANCHAS	2 días	16.03.08	18.03.08	SI 5,200.00							
39	36.02.02	ARRIBO DE LADRILLO SIN SUJACION	1 día	18.03.08	19.03.08	SI 07.70							
40	36.02.03	ARRIBO DE LADRILLO BLOQUEE Y CONGREGACION	1 día	19.03.08	20.03.08	SI 1,200.00							
41	36.02.04	APLICACION DE MORTERO DE ARELLA REFRACTARIA	1 día	20.03.08	21.03.08	SI 1,200.00							
42	36.02.05	MONTAJE DE MANTA DE FIBRA CERAMICA	2 días	21.03.08	23.03.08	SI 10,000.00							
43	37	PROBES DE FUNCIONAMIENTO DE PLATAFORMA SOBRE RIELES	1 día	23.03.08	24.03.08	SI 1,200.00							
44	37.01	TERMINACION DE MONTAJE DE PLATAFORMA	1 día	24.03.08	25.03.08	SI 1,200.00							
45	37.01.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	1 día	24.03.08	25.03.08	SI 1,200.00							
46		Terminación de obra	8 días	25.03.08	02.04.08	SI 0.00							



Tarea Tarea Crítica Progreso Hitos Resumen

Ubicación: SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO

Calendario Valorizado de Avance de Obra

Obra : DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERONIMO - CUSCO
Ubicación : SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO
Costo A : Feb - 2025

Ciente : EMPRESA LADRILLERA LATESAN

Item	Descripcion	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial	PLAZO DE EJECUCION							TOTAL 48 Dias	
						Sem 1 03-Mar-25 08-Mar-25 06 Dias	Sem 2 09-Mar-25 15-Mar-25 07 Dias	Sem 3 16-Mar-25 22-Mar-25 07 Dias	Sem 4 23-Mar-25 29-Mar-25 07 Dias	Sem 5 30-Mar-25 05-Abr-25 07 Dias	Sem 6 06-Abr-25 12-Abr-25 07 Dias	Sem 7 13-Abr-25 19-Abr-25 07 Dias		
06	INSTALACION DE AISLANTE TERMICO EN PLATAFORMA													
06.01	TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB	1.00	1,000.00	1,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000.00
06.02	MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE MATERIALES													
06.02.01	INSTALACION DE AISLANTE TERMICO EN PLATAFORMA	GLB	1.00	5,061.64	5,061.64	-	-	-	-	-	-	-	-	5,061.64
06.02.02	INSTALACION DE PLANCHA 4MMI	GLB	1.00	675.79	675.79	-	-	-	-	-	-	-	-	675.79
06.02.03	ARMADO DE LADRILLO SKK 9x14x24CM3	GLB	1.00	1,599.80	1,599.80	-	-	-	-	-	-	-	-	1,599.80
06.02.04	ARMADO DE LADRILLO BLOQUER 12x20x30CM3	GLB	1.00	1,599.80	1,599.80	-	-	-	-	-	-	-	-	1,599.80
06.02.05	APLICACION DE MORTERO DE ARCILLA REFRACTARIA	M2	72.00	15.03	1,082.16	-	-	-	-	-	-	-	-	1,082.16
06.02.05	MONTAJE DE MANTA DE FIBRA CERAMICA	GLB	1.00	10,846.61	10,846.61	-	-	-	-	-	-	-	-	10,846.61
07	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE PLATAFORMA SOBRE RIELES													
07.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE PLATAFORMA SOBRE RIELES													
07.01.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4,500.00
	COSTO DIRECTO				143,175.35	24,121.20	8,920.63	63,679.97	11,745.91	8,004.01	7,999.27	18,704.36	143,175.35	
	GASTOS GENERALES		10 %		14,317.54	2,412.12	892.06	6,368.00	1,174.59	800.40	799.93	1,870.44	14,317.54	
	PRESUPUESTO TOTAL				157,492.89	26,533.32	9,812.69	70,047.97	12,920.50	8,804.41	8,799.20	20,574.80	157,492.89	
	TOTAL ACUMULADO					26,533.32	36,346.01	106,393.98	119,314.48	128,118.89	136,918.09	157,492.89		
	PORCENTAJE DE AVANCE					16.85%	6.23%	44.48%	8.20%	5.59%	5.59%	13.06%		
	PORCENTAJE ACUMULADO					16.85%	23.08%	67.56%	75.76%	81.35%	86.94%	100.00%		

Anexo D.8. Calendario Valorizado de Recursos

TESTEAS: JAMQ - MMA

EMPRESA LADRILLERA LATESAN

Calendario de Utilización de Recursos

Obra : DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO
 Ubicacion : SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO
 Costo - A : Feb - 2025
 Cliente : EMPRESA LADRILLERA LATESAN

Cod	Descripcion	Unid	Cantidad	Precio	Parcial	PLAZO DE EJECUCION							TOTAL 48 Dias
						Sem 1 03-Mar-25 06 Dias	Sem 2 09-Mar-25 15-Mar-25 07 Dias	Sem 3 16-Mar-25 22-Mar-25 07 Dias	Sem 4 23-Mar-25 29-Mar-25 07 Dias	Sem 5 30-Mar-25 05-Abr-25 07 Dias	Sem 6 06-Abr-25 12-Abr-25 07 Dias	Sem 7 13-Abr-25 19-Abr-25 07 Dias	
47 07015	MANO DE OBRA AYUDANTE SOLDADOR	HH	326.39	18.69	6,100.23	1,196.32	1,327.62	287.08	822.05	448.82	672.83	1,345.51	6,100.23
47 07016	OFICIAL SOLDADOR	HH	270.50	20.65	5,585.83	826.21	971.31	978.06	908.30	497.89	578.21	825.85	5,585.83
47 07014	OPERARIO SOLDADOR	HH	78.22	26.25	2,053.28	104.90	459.77	210.06	526.78	321.45	325.50	104.82	2,053.28
02 07025	MATERIALES ARANDELA NORMAL 1/2"	UND	288.06	0.35	100.82	-	-	100.82	-	-	-	-	100.82
02 07038	ARANDELA NORMAL 5/8"	UND	48.00	0.45	21.60	-	-	-	-	-	21.60	-	21.60
02 07018	EJE DIAM 57MM - 200 MM	PZA	48.00	223.90	10,747.20	-	-	10,747.20	-	-	-	-	10,747.20
02 07026	PERNO HEXAGONAL DE 1/2"x13 UNC x 1 1/8"	PZA	288.02	1.20	345.62	-	-	345.62	-	-	-	-	345.62
02 07027	PERNO HEXAGONAL DE 1/4"-20 UNC x 1/2"	PZA	576.03	0.80	460.82	-	-	460.82	-	-	-	-	460.82
02 06996	PERNOS DE EXPANSION 3/4"-10 UNC x 4"	UND	168.00	9.00	1,512.00	1,512.00	-	-	-	-	-	-	1,512.00
02 07035	PERNOS DE EXPANSION 5/8"-11 UNC x 1 5/8"	UND	48.00	3.50	168.00	-	-	-	-	-	168.00	-	168.00
02 07028	PUNTO DE ENGRASE NPT 1/4" - RECTO	UND	48.02	1.00	48.02	-	-	48.02	-	-	-	-	48.02
02 02385	TUERCA DE 3/4"-10 UNC	UND	168.01	0.80	134.41	-	-	-	-	-	-	-	134.41
02 06999	TUERCA DE 3/8"-16 UNC	UND	168.02	0.50	84.01	-	-	-	-	-	-	-	84.01
02 07036	TUERCA DE 5/8"-11 UNC	UND	48.00	1.20	57.60	-	-	-	-	-	57.60	-	57.60
17 00076	LADRILLO BLOQUER 12x20x30 CM	UND	1,301.00	1.10	1,431.10	-	-	-	-	-	-	1,431.10	1,431.10
17 07005	PLANCHA 106x130 mm2 (e=1/2")	PZA	96.00	8.93	857.28	-	514.37	342.91	-	-	-	-	857.28
17 07004	PLANCHA 160x130 mm2 (e=1/2")	PZA	48.00	13.48	647.04	-	388.22	258.82	-	-	-	-	647.04
17 07003	PLANCHA 324x182 mm2 (e=1/2")	PZA	96.00	38.21	3,668.16	-	2,200.90	1,467.26	-	-	-	-	3,668.16
17 07008	PLANCHA 55x45 mm2 (e=3/8")	PZA	384.02	1.18	453.14	-	271.88	181.26	-	-	-	-	453.14
17 07007	PLANCHA 75x45 mm2 (e=3/8")	PZA	192.01	1.60	307.22	-	184.33	122.89	-	-	-	-	307.22
17 07006	PLANCHA 95x130 mm2 (e=1/2")	PZA	96.00	8.00	768.00	-	460.80	307.20	-	-	-	-	768.00
29 06952	AGUA PARA INGERIR DE 20 L	UND	15.00	23.30	349.50	349.50	-	-	-	-	-	-	349.50
29 07013	CEPILLO COPA 3"	UND	9.15	7.90	72.29	-	34.14	22.76	4.94	10.45	-	-	72.29
29 01351	CORDEL	M	3.34	3.22	10.75	-	10.75	-	-	-	-	-	10.75
29 07030	DISCO DE CORTE DE 14"	UND	2.47	16.90	41.74	-	-	-	21.09	20.65	-	-	41.74
29 07010	DISCO DE CORTE DE 4.5"	UND	2.50	4.70	11.75	-	6.77	4.51	-	-	0.47	-	11.75
29 07011	DISCO DE CORTE DE 7"	UND	33.95	6.50	220.68	-	37.45	24.97	32.50	119.25	-	-	220.68
29 07039	DISCO DE DESBASTE DE 4.5"	UND	0.30	6.50	1.95	-	-	-	-	-	-	-	1.95
29 07012	DISCO DE DESBASTE DE 7"	UND	26.39	9.70	255.98	-	27.94	18.63	72.74	136.67	-	-	255.98
29 01019	ELECTRODO E7018 - 1/8"	KG	65.52	17.00	1,113.84	-	244.83	163.22	297.52	374.27	34.00	-	1,113.84

Calendario de Utilización de Recursos

Obra : DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERONIMO - CUSCO
Ubicación : SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO
Costo A : Feb - 2025

Ciente : EMPRESA LADRILLERA LATESAN

Cod	Descripción	Unid	Cantidad	Precio	Parcial	PLAZO DE EJECUCION							TOTAL 48 Días
						Sem 1 03-Mar-25 08-Mar-25 06 Días	Sem 2 09-Mar-25 15-Mar-25 07 Días	Sem 3 16-Mar-25 22-Mar-25 07 Días	Sem 4 23-Mar-25 29-Mar-25 07 Días	Sem 5 30-Mar-25 05-Abr-25 07 Días	Sem 6 06-Abr-25 12-Abr-25 07 Días	Sem 7 13-Abr-25 19-Abr-25 07 Días	
29 02022	YESO EN BOLSAS DE 20 KG. Y TIZA	UND	3.16	6.30	19.91	-	-	-	-	-	-	19.91	
30 04477	BASE PARA PINTURA	GLN	11.60	63.00	730.80	362.88	-	241.92	78.75	47.25	-	730.80	
30 05624	BROCA DIAMANTADA DE 3/4"	UND	3.36	98.00	329.28	-	-	-	-	-	-	329.28	
30 03386	BROCA DIAMANTADA DE 5/8"	UND	4.00	35.00	140.00	-	-	-	87.50	52.50	-	140.00	
30 00266	CORDEL	M	25.14	3.22	80.95	-	-	-	80.95	-	-	80.95	
30 06950	LENTES DE SEGURIDAD (CAMBIO C/5 DIAS)	UND	30.00	2.50	75.00	-	-	-	-	-	-	75.00	
30 07040	MANTA DE FIBRA CERAMICA	M3	2.33	4,235.00	9,867.55	-	-	-	-	-	-	9,867.55	
30 05662	MORTERO DE ARCILLA REFRACTARIA	GLB	71.98	7.66	551.37	-	-	-	-	-	9,867.55	551.37	
30 07017	RUEDA	UND	48.00	413.36	19,841.28	-	-	19,841.28	-	-	-	19,841.28	
32 03522	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQ. EQUIPO HERRAMIE	GLB	2.00	100.00	200.00	-	-	-	-	-	-	200.00	
32 01853	TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB	2.00	1,000.00	2,000.00	-	-	-	-	1,000.00	-	2,000.00	
37 06948	BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO #41	PAR	6.00	80.00	480.00	-	-	-	-	-	-	480.00	
37 06942	CASCO DE SEGURIDAD INCL BARBIQUEJO	UND	6.00	30.00	180.00	-	-	-	-	-	-	180.00	
37 06944	FILTRO PARA POLVO	UND	14.00	60.00	840.00	-	-	-	-	-	-	840.00	
37 06951	GUANTES (CAMBIO C/5 DIAS X 4 MESES)	par	50.00	12.00	600.00	-	-	-	-	-	-	600.00	
37 07042	GUANTES DE SOLDADOR	UND	6.00	24.00	144.00	-	-	-	-	-	-	144.00	
37 07041	MANDIL DE CUERO	UND	6.00	30.00	180.00	-	-	-	-	-	-	180.00	
37 06953	PROTECTOR DE OIDOS TAPON (CAMBIO C/15 DIAS X 4 MESES)	PAR	12.00	2.50	30.00	-	-	-	-	-	-	30.00	
37 06945	RESPIRADORES DE SILICONA	UND	7.00	95.00	665.00	-	-	-	-	-	-	665.00	
37 06947	UNIFORME MAMELUCO PARA OBRERO	UND	3.00	110.00	330.00	-	-	-	-	-	-	330.00	
39 06041	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	UND	1.00	4,500.00	4,500.00	-	-	-	-	-	4,500.00	4,500.00	
43 00020	MADERA TORNILLO	P2	3.79	3.22	12.20	-	-	-	-	-	-	12.20	
49 07020	ARANDELA DE FIJACION MB-10	UND	96.00	18.00	1,728.00	-	-	1,728.00	-	-	-	1,728.00	
49 07019	RODAMIENTO 30310	UND	96.00	90.00	8,640.00	-	-	8,640.00	-	-	-	8,640.00	
49 07022	SELLO RADIAL 45x65x8	UND	96.00	15.00	1,440.00	-	-	1,440.00	-	-	-	1,440.00	
49 07021	TUERCA DE FIJACION KM-10	UND	96.00	32.00	3,072.00	-	-	3,072.00	-	-	-	3,072.00	
51 06994	PLACA DE ASIENTO DE RIEL 30LB-YD	UND	84.00	30.00	2,520.00	-	-	-	-	-	-	2,520.00	
51 06993	RIELES DE 30 LB-YD. x6M	PZA	14.00	635.95	8,903.30	-	-	-	-	-	-	8,903.30	
51 06995	SUJECION DE RIEL	UND	168.00	15.00	2,520.00	-	-	-	-	-	-	2,520.00	
54 02759	DILUYENTE PARA PINTURA DE ADHERENCIA	GLN	26.00	20.00	520.00	288.00	-	192.00	25.00	15.00	-	520.00	
54 00027	PINTURA ESMALTE	GLN	10.65	76.00	809.40	437.66	-	291.77	37.99	22.80	-	809.40	
55 06997	ARANDELA DE PRESION 3/4"	UND	168.02	0.60	100.81	-	-	-	-	-	-	100.81	

Calendario de Utilización de Recursos

Obra : DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO
Ubicación : SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO
Costo A : Feb - 2025

Cliente : EMPRESA LADRILLERA LATESAN

Cod	Descripción	Unid	Cantidad	Precio	Parcial	PLAZO DE EJECUCION							TOTAL 48 Dias
						Sem 1 03-Mar-25 08-Mar-25 06 Dias	Sem 2 09-Mar-25 15-Mar-25 07 Dias	Sem 3 16-Mar-25 22-Mar-25 07 Dias	Sem 4 23-Mar-25 29-Mar-25 07 Dias	Sem 5 30-Mar-25 05-Abr-25 07 Dias	Sem 6 06-Abr-25 12-Abr-25 07 Dias	Sem 7 13-Abr-25 19-Abr-25 07 Dias	
56.07000	ARANDELA DE PRESION 3/8"	UND	168.03	0.30	50.41	-	-	-	-	-	-	-	50.41
56.07037	ARANDELA DE PRESION 5/8"	UND	48.00	0.45	21.60	-	-	-	-	-	21.60	-	21.60
56.06998	ARANDELA NORMAL 3/4"	UND	168.02	0.60	100.81	-	-	-	-	-	-	-	100.81
56.07024	PLACA TOPE	PZA	96.00	35.00	3,360.00	-	-	3,360.00	-	-	-	-	3,360.00
57.07034	PLANCHADE ACERO DE 4MM - 2.4x1.2M2	UND	14.42	362.03	5,220.47	-	-	-	-	695.01	4,525.46	-	5,220.47
57.07023	TAPA DE RUEDA - TORNEADO	UND	96.00	88.00	8,448.00	-	-	8,448.00	-	-	-	-	8,448.00
65.07032	PERFIL DE ACERO C3x4.1 - 6M	PZA	38.00	245.50	9,329.00	-	-	-	5,830.63	3,498.37	-	-	9,329.00
65.07031	PERFIL DE ACERO C4x5.4 - 6M	PZA	16.00	222.00	3,552.00	-	-	-	2,220.00	1,332.00	-	-	3,552.00
EQUIPO													
14.06374	CAMIÓN GRUA TIPO PLUMA CON BRAZO MECÁNICO	GLB	1.00	450.00	450.00	-	-	-	-	-	450.00	-	450.00
30.01475	NIVEL	HM	11.16	6.40	71.42	30.75	15.30	-	25.37	-	-	-	71.42
30.00085	TEODOLITO	HM	8.00	8.40	67.20	67.20	-	-	-	-	-	-	67.20
37.00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	68.97	137.77	68.97	68.97	137.77	73.98	112.35	62.99	78.87	78.19	613.12
37.04188	WINCHA DE 50m	HE	364.18	167.81	61,312.45	364.18	167.81	-	2.46	-	-	-	534.45
48.00233	AMOLADORA DE 4.5"	HM	6.42	15.00	96.30	-	17.30	16.38	30.02	18.20	14.40	-	96.30
48.07009	AMOLADORA DE 7"	HM	6.03	18.00	108.54	-	20.74	13.83	36.00	23.58	14.39	-	108.54
48.00464	MAQUINA SOLDADORA	HM	11.29	35.00	395.15	-	80.67	53.78	140.03	92.66	28.01	-	395.15
48.07029	TRONZADORA 14"	HM	6.51	22.00	143.22	-	25.93	17.28	87.99	55.23	-	-	143.22
49.02104	COMPRESORA PARA PINTURA	HM	5.12	22.50	115.20	-	201.60	134.40	44.99	27.00	-	-	115.20
49.07002	MACHO DE ROSCAR 5/8"	UND	4.80	70.00	336.00	-	34.57	23.04	59.99	36.00	-	-	336.00
49.07001	TALADRO DE BANCO	HM	10.24	15.00	153.60	-	-	-	-	-	-	-	153.60
49.03368	TALADRO DE CONCRETO	HM	4.81	15.00	72.15	-	72.15	-	-	-	-	-	72.15
49.07033	TALADRO MANUAL	HM	32.00	8.00	256.00	-	-	-	160.00	96.00	-	-	256.00
COSTO DIRECTO					143,175.35	24,121.25	8,920.56	63,679.77	11,745.94	8,004.04	7,999.40	18,704.39	143,175.35
GASTOS GENERALES					14,317.54	2,412.13	892.06	6,367.98	1,174.59	800.40	799.94	1,870.44	14,317.54
PRESUPUESTO TOTAL					157,492.89	26,533.38	9,812.62	70,047.75	12,920.53	8,804.44	8,799.34	20,574.83	157,492.89
TOTAL ACUMULADO					26,533.38	26,533.38	36,346.00	106,393.75	119,314.28	128,118.72	136,918.06	157,492.89	157,492.89
PORCENTAJE DE AVANCE					16.85%	16.85%	6.23%	44.48%	8.20%	5.59%	5.59%	13.06%	100.00%
PORCENTAJE ACUMULADO						16.85%	23.08%	67.56%	75.76%	81.35%	86.94%	100.00%	100.00%

ANEXO E: SELECCIÓN Y FICHAS TÉCNICAS DE MATERIALES

Anexo E.1 Fichas técnicas de perfiles estructurales

Canales U de calidad Dual



DIMENSIONES	
Sistema Inglés (libra/pie)	
2" x 2.98"	10" x 20.00
3" x 4.10"	10" x 25.00
3" x 5.00"	10" x 30.00
3" x 6.00"	12" x 30.76
4" x 4.50"	12" x 25.00
4" x 5.40"	12" x 30.00
4" x 7.25"	15" x 33.90
5" x 6.70"	15" x 40.00
5" x 9.00"	15" x 50.00

DIMENSIONES	
Sistema Inglés (libra/pie)	
6" x 8.20	
6" x 10.50	
6" x 13.00	
7" x 9.80	
7" x 12.35	
7" x 14.75	
8" x 11.50	
8" x 13.75	
8" x 16.75	
9" x 13.40	
9" x 16.00	
9" x 20.00	
10" x 15.50	

*Dimensiones correspondientes a la calidad ASTM A36/A572 (DUAL).

NORMAS TÉCNICAS

- Composición Química y Propiedades Mecánicas: ASTM A36/A36M, ASTM A572/A572M, NTP 350.400 y NTP 350.407
- Tolerancia Dimensional: ASTM A6/A6M y NTP 241.105

USOS

En la fabricación de estructuras metálicas, puertas grandes, rejas y cercos de mayor tamaño, etc.

PRESENTACIÓN

Se comercializa en barras de 6 m de longitud.
Se suministra en paquetes de 1 t.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Según ASTM A36	
Límite de Fluencia mínimo	= 250 MPa (25.5 kg/mm ²)
Resistencia a la Tracción	= 400 - 550 MPa (40.8 - 56.2 kg/mm ²)
Alargamiento en 200 mm	= 20% mínimo

Según ASTM A36 / A572 (DUAL)	
Límite de Fluencia mínimo	= 345 MPa (35.2 kg/mm ²)
Resistencia a la Tracción	= 450 - 550 MPa (45.9 - 56.2 kg/mm ²)
Alargamiento en 200 mm	= 20% mínimo

Anexo E.2 Fichas técnicas de rieles

NORMA AMERICANA - A.S.C.E

RIELES Lb-Yd

**USO/USE:**

Se utilizan en las operaciones de minería en socavón, así como para usos industriales (Guías de puentes grúas, guías de vagones de transporte).

They are used in mining operations in tunnels, as well as for industrial uses (guides of bridge cranes, guides of transport wagons).

CARACTERÍSTICAS/CHARACTERISTICS:

Perfil de acero laminado en caliente.

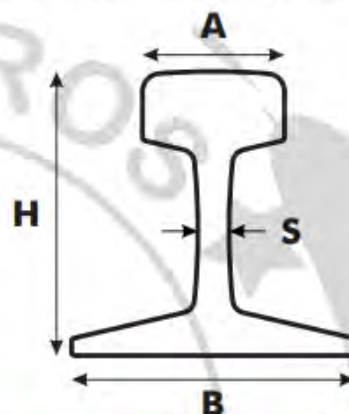
Profile of hot rolled steel.

PRESENTACIÓN en longitud:

PRESENTATION in length:

(*)6 metros (**10 metros (***)11.887 metros

(*)6 meters (**10 meters (***)11.887 meters



Perfil PERFIL	Weight PESO Lb/yda (kg/m)	Head CABEZA A Pulg (mm)	Height ALTURA H Pulg (mm)	Foot/base PATIM/BASE B Pulg (mm)	Core ALMA S Pulg (mm)	Quality Calidad
ASCE25	25lb (12.40)	1 1/2" (38.1)	2 3/4" (69.9)	2 3/4" (69.9)	19/64" (7.5)	Q235
ASCE30	30lb (14.88)	1 11/16" (42.9)	3 1/8" (79.4)	3 1/8" (79.4)	21/64" (8.3)	55Q
ASCE40	40lb (19.84)	1 7/8" (47.6)	3 1/2" (88.9)	3 1/2" (88.9)	25/64" (9.9)	55Q
ASCE45	45lb (22.30)	2" (50.8)	3 11/16" (93.7)	3 11/16" (93.7)	24/64" (10.7)	55Q
ASCE60 (TR30)	60lb (29.76)	2 3/8" (60.3)	4 1/4" (108.0)	4 1/4" (108.0)	31/64" (12.3)	55Q
ASCE75 (TR37)	75lb (37.20)	2 15/32" (62.7)	4 13/16" (122.2)	4 13/16" (122.2)	17/32" (13.5)	900A
ASCE80 (TR40)	80lb (39.68)	2 1/2" (63.5)	5" (127.0)	5" (127.0)	35/64" (13.8)	R700
ASCE85 (TR37)	85lb (42.16)	2 9/16" (65.1)	5 3/16" (131.8)	5 3/16" (131.8)	9/16" (14.3)	U75V
ARA-A90 (TR45)	90lb (44.65)	2 9/16" (65.0)	5 5/8" (142.9)	5 1/8" (130.2)	9/16" (14.3)	ASSZ-1

PROPIEDADES MECÁNICAS Q235

Límites de Fluencia (min.) [Mpa]	145
Resistencia a la Tracción (min.) [Mpa]	520
Alargamiento mínimo en 50mm.	20%

PROPIEDADES MECÁNICAS 55Q

Límites de Fluencia (min.) [Mpa]	--
Resistencia a la Tracción (min.) [Mpa]	685
Alargamiento mínimo en 50mm.	26%

PROPIEDADES MECÁNICAS R700

Límites de Fluencia (min.) [Mpa]	--
Resistencia a la Tracción (min.) [Mpa]	780
Alargamiento mínimo en 50mm.	14%

COMPOSICIÓN QUÍMICA Q235

Carbono (%)	0.14 - 0.22
Manganeso (%)	0.30 - 0.65
Fósforo (% max.)	0.045
Azufre (% max.)	0.05
Silicio (% max.)	0.30

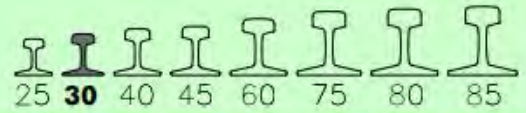
COMPOSICIÓN QUÍMICA 55Q

Carbono (%)	0.60
Manganeso (%)	0.90
Fósforo (% max.)	0.05
Azufre (% max.)	0.05
Silicio (% max.)	0.35

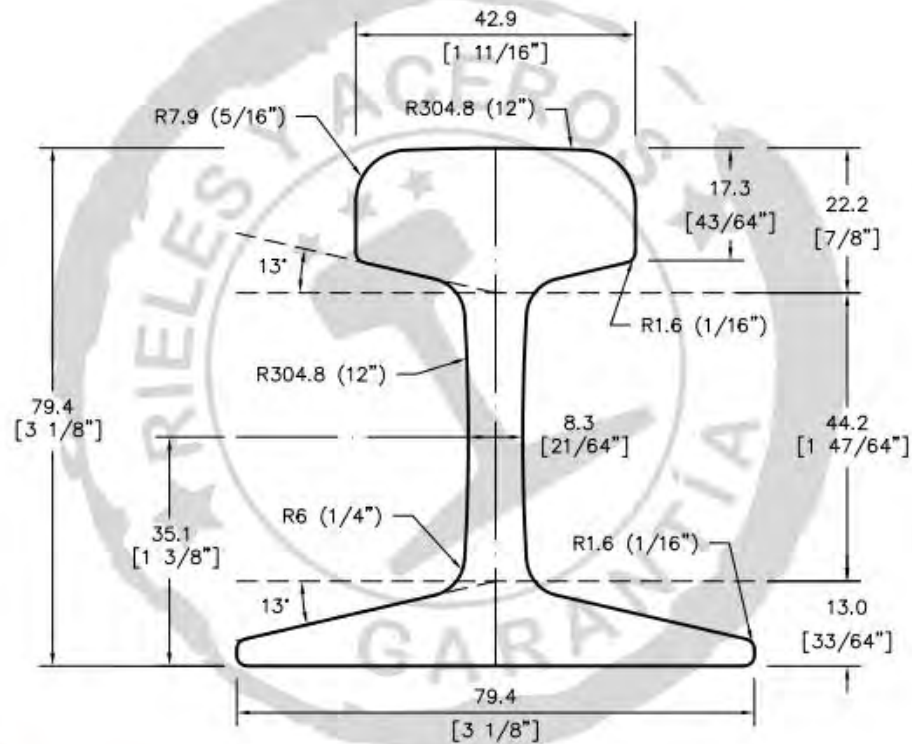
COMPOSICIÓN QUÍMICA U75V

Carbono (%)	0.40 - 0.60
Manganeso (%)	0.80 - 1.25
Fósforo (% max.)	0.05
Azufre (% max.)	0.05
Silicio (% max.)	0.05 - 0.35

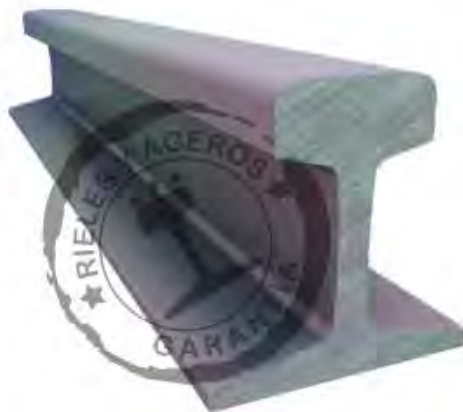
NORMA AMERICANA - A.S.C.E

RIELES 30 Lb-Yd**RIELES LIVIANOS** (PERFILES AMERICANA)
LIGHT RAILS (AMERICAN PROFILES)

Riel Rail	DIMENSIONES				Calidad Quality
	Altura Height	Base Base	Cabeza Head	Alma Web	
30	3 1/8"	3 1/8"	1 11/16"	21.64"	55Q
	79.4mm	79.4mm	42.9mm	8.33mm	



ESC: 1/100



Peso teórico Theoretical weight	30 lb/yda (14.88 kg/m)
Área (Sección) Area (Section)	3 pulg ² (19.35cm ²)
Momento de inercia (Ix) Moment of inertia	4.1 pulg ⁴ (170.7cm ⁴)
Módulo resistente (w) Cabeza Resistant module (w) Head	2.55 pulg ³ (41.8cm ³)

Anexo E.3 Cotización de Materiales



ACEROS G&M SAC

RUC: 20607271730

Jr. Santa Rosa 557 km. 11 - Comas / Telf.: 950977339 / Mail: acerosgympetu@gmail.com

COTIZACION N°

00414/21

Fecha : 20/01/2025 T.C.: S/3.7520
 RUC : 20608946196
 Señor (es) : LADRILLERA LATESAN.
 Dirección : MZA. U LOTE. 21 URB. TUPAC AMARU (2CDRAS DE PLAZA MICAELA BASTIDAS) CUSCO - CUSCO - SAN SEB
 Atención : Sr. Jhon Abel Mamani Quispe
 Lugar de Entrega : SEGÚN INDICA EL CLIENTE
 Plazo de Entrega : 24 HORAS
 Forma de Pago : CONTADO
 Precios Exp. En : DOLARES AMERICANOS
 Validez Cotización : 1 DIAS

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	*PESO KG	P.UNIT.		P. TOTAL	
						US\$	US\$	US\$	US\$
1	3000002	C(U) DUAL A38/A572-G50 3"X4.10LB/PIEX6M	UN	12	440.64	45.82		549.84	
2	3000004	C(U) DUAL A38/A572-G50 4"X5.40LB/PIEX6M	UN	30	1487.60	60.07		1802.10	
3	100018	PDLAC A-38 4.4MM X 1200MM X 2400MM	UN	25	2487.00	96.49		2412.25	

* Peso referencial

Peso Total KG: 4,395.24 Sub-Total \$4,764.19

I.G.V. (18%) \$857.55

Total \$5,621.74

CONDICIONES COMERCIALES

- Otorgamos Certificados de calidad
- Entrega sujeta a disponibilidad de stock
- Confirmación previo envío de la OC

PAGOS A LA CUENTA DE: ACEROS G&M S.A.C.

BCP CTA. CORRIENTE MN (S/): 191-9044710-0-05 // BCP CTA CORRIENTE ME (US\$): 191-8955670-1-21

ATENTAMENTE

Aceros G&M SAC



FUNDICIÓN

STEEL J&F SAC

RUC: 20603378131

N.º COTIZACION	C-002113-2025
FECHA	19/01/2025

CLIENTE: JRA CONSULTORA S.A.C.

RUC: 20608946196

Estimados señores:

FUNDICION STEEL JYF S.A.C. Tiene el agrado de dirigirse a Ustedes para expresarles un cordial saludo y a su vez poner a su consideración nuestra cotización por lo siguiente:

Tenemos el agrado de cotizarles, según su requerimiento.

ITEM	MATERIAL	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO POR PIEZA S/	TOTAL S/
1	ACERO 4140	RUEDA (PESO 22 KG)	48	S/ 286.36	S/ 13,745.28
2	MECANIZADO	RUEDA (PESO 22 KG)	48	S/ 127.00	S/ 6,096.00
		SE FACTURA SEGÚN PESO DE FUNDICIÓN			

SUB.TOTAL	S/ 19,841.28
IGV 18%	S/ 3,571.43
	S/ 23,412.71

CONDICIONES COMERCIALES:

- FORMA DE PAGO: 50% ADELANTO / 50% CONTRA ENTREGA
- TIEMPO DE ENTREGA: 22 DÍAS APARTIR DE LA ORDEN DE COMPRA
- LUGAR DE ENTREGA: SUS ALMACENES

DATOS BANCARIOS: BANCO DEL CREDITO DEL PERU

Mi número de cuenta BCP dólares es 1912461527117.

Mi número de cuenta interbancaria es 00219100246152711758.

Agradeciendo de antemano la atención que le brinden a la presente, me despido de Ustedes quedando a la espera de sus gratas órdenes.

Atentamente,

NICOLE ALESSANDRA
ASESORA COMERCIAL

ANEXO F: PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

Anexo F.1 Procedimientos de soldadura (WPS)

AWS D1.1/D1.1M:2020

APÉNDICE J

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Empresa Ladrillera LATESAN

Nombre de la compañía

P. M. R. P.

Autorizado por

20/03/2025

Fecha

2020

N.º de WPS

Precalificado

PQR(s) de respaldo

0

N.º de rev.

No

Informe CVN

12/03/2025

Fecha

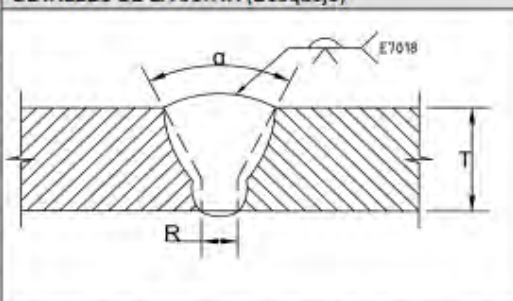
METALES BASE	Especificación	Tipo o grado	Grupo AWS N.º
Material base	ASTM A-38	A	I
Soldado a	-	-	-
Material de respaldo	N/A	-	-
Otro			

ESPESOR DEL METAL BASE	Tal como se soldó	Con PWHT
Soldaduras en ranura con CJP	1/8-1/2 Inch	-
Ranura CJP c/CVN	-	-
Soldaduras en ranura con PJP	-	-
Soldaduras en filete	-	-
DIAMETRO		

DETALLES DE LA JUNTA

Tipo de ranura	Junta a tope de ranura en V
Ángulo de la ranura	30°
Abertura de la raíz	0.00 - 3.00 mm
Cara de la raíz	N/A
Ranurado del lado opuesto	Ninguno
Método	N/A

DETALLES DE LA JUNTA (Bosquejo)



TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA

Temperatura	N/A
Tiempo de la temperatura	N/A
Otro	-

PROCEDIMIENTO

Capa(s) de soldadura	Todo							
Pasada(s) de soldadura	Todo							
Proceso	SMAW							
Tipo (manual, mecanizado, etc.)	Manual							
Posición	F,H,V							
Progresión vertical	Ascen (V)							
Metal de aporte (espec. de AWS)	E7018							
Clasificación de AWS	AS.1							
Diámetro	4.00 mm							
Fabricante/nombre comercial	-							
Composición del gas de protección (GTAW)	-							
Caudal (GTAW)	-							
Tamaño de la boquilla (GTAW)	-							
Temperatura de precalentamiento	N/A							
Temperatura entre pasadas	N/A							
Características eléctricas	-	-	-	-	-	-	-	-
Diámetro del electrodo (GTAW)	-							
Polaridad y tipo de corriente	CCEP							
Amperios	140-195							
Voltios	28V							
Alimentador de alambre frío o caliente (GTAW)	-							
Velocidad de desplazamiento	-							
Entrada de calor máxima	-							
Técnica	-	-	-	-	-	-	-	-
Encordador o tejido	Oscilante							
Pasada múltiple o única (por lado)	Múltiple							
Oscilación (GTAW mec./auto.)	-							
Longitud transversal	-							
Velocidad transversal	-							
Tiempo de permanencia	-							
Martillado	Ninguno							
Limpieza entre pasadas	Cepillo/Esm							
Otro	-							

Formulario J-2

(Ver <http://goaws.org/D1forms>)

AWS D1.1/D1.1M:2020

APÉNDICE J

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Empresa Ladrillera LATESAN

2020

0

12/03/2025

Nombre de la compañía

N.º de WPS

N.º de rev.

Fecha

P. M. R. P.

20/03/2025

Precalificado

No

Autorizado por

Fecha

PQR(s) de respaldo

Informe CVN

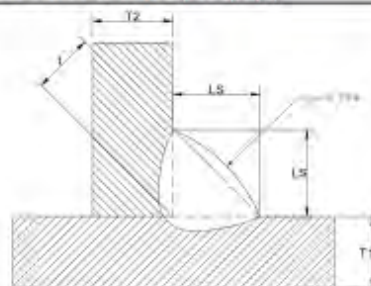
METALES BASE	Especificación	Tipo o grado	Grupo AWS N.º
Material base	ASTM A-36	A	I
Soldado a	-	-	-
Material de respaldo	N/A	-	-
Otro			

ESPESOR DEL METAL BASE	Tal como se soldó	Con PWHT
Soldaduras en ranura con CJP	-	-
Ranura CJP c/CVN	-	-
Soldaduras en ranura con PJP	-	-
Soldaduras en filete	1/8-1/2 Inch	-
DIÁMETRO		

DETALLES DE LA JUNTA

Tipo de ranura	Junta en Filete
Ángulo de la ranura	
Abertura de la raíz	0,00 - 3,00 mm
Cara de la raíz	N/A
Ranurado del lado opuesto	Ninguno
Método	N/A

DETALLES DE LA JUNTA (Bosquejo)



TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA

Temperatura	N/A
Tiempo de la temperatura	N/A
Otro	-

PROCEDIMIENTO

Capa(s) de soldadura	Todo							
Pasada(s) de soldadura	Todo							
Proceso	SMAW							
Tipo (manual, mecanizado, etc.)	Manual							
Posición	F,H,V							
Progresión vertical	Ascen (V)							
Metal de aporte (espec. de AWS)	E7018							
Clasificación de AWS	AS.1							
Diámetro	4,00 mm							
Fabricante/nombre comercial	-							
Composición del gas de protección (GTAW)	-							
Caudal (GTAW)	-							
Tamaño de la boquilla (GTAW)	-							
Temperatura de precalentamiento	N/A							
Temperatura entre pasadas	N/A							
Características eléctricas	-	-	-	-	-	-	-	-
Diámetro del electrodo (GTAW)	-							
Polaridad y tipo de corriente	CCEP							
Amperios	140-195							
Voltios	28V							
Alimentador de alambre frío o caliente (GTAW)	-							
Velocidad de desplazamiento	-							
Entrada de calor máxima	-							
Técnica	-	-	-	-	-	-	-	-
Encoardador o tejido	Oscilante							
Pasada múltiple o única (por lado)	Multiple							
Oscilación (GTAW mec./auto.)	-							
Longitud transversal	-							
Velocidad transversal	-							
Tiempo de permanencia	-							
Martillado	Ninguno							
Limpieza entre pasadas	Cepillo/Esm							
Otro	-							

Formulario J-2

(Ver <http://goaws.org/D1forms>)

Anexo F.2 Equipos de medición

	<h2 style="margin: 0;">LISTA DE VERIFICACION DE EQUIPOS INSPECCION, MEDICION Y ENSAYOS</h2>
MC-PT-RG-001	
HOJA:	1 de 1
EMISION:	10/03/2025
REVISION:	0

CLIENTE: LADRILLERA LATESAN										Nº REGISTRO : 001	
PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO										FECHA : 20/03/25	
Item	Descripción	Codigo	Marca	Modelo	Serie	Procedencia	Certificado de Calibración		Fecha de Proxima Calibración	Estado	Observaciones
							Número	Fecha de Calibración			
01	Medidor de Espesor de Material	-	SNDWAY	SW-6510	201600001	China	CLU-134-2025	27/2/2025	27/2/2026	OK	
02	Medidor de Espesor de Pintura	-	YUWESE	EC-770S	2110EC430835	No Indica	CLU-135-2025	27/2/2025	27/2/2026	OK	
03	Kit de inspeccion de Soldadura	-	G.A.L.	CAT-12A	-	China	-	-	-	OK	
04	Flexometro	-	STANLEY	PRO	-	China	-	-	-	OK	
05	Vernier - Ple de Rey	-	MITUTOYO	Analogo Universal	530	Japon	-	-	-	OK	

APROBACION FINAL:

FECHA : _____	FECHA : _____	FECHA : _____
_____ TESISTAS	_____ ASESOR	_____ LADRILLERA LATESAN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**N° CLU-134-2025**

Fecha de emisión: 2025-02-27
Expediente: 598-2025

UNIDAD BAJO PRUEBA: **MEDIDOR DE ESPESOR POR ULTRASONIDO**

Marca:	SNDWAY	Tipo de indicación:	Digital
Modelo:	SW-6510	Alcance de indicación:	1 mm a 300 mm
Serie:	220117404	División de escala:	0,01 mm
Identificación:	No indica	Procedencia:	China
Ubicación:	No Indica		

SOLICITANTE: MAMANI QUISPE JHON ABEL
Dirección: CAL. LOS OLIVOS - APV. 30 DE SETIEMBRE LOTE. E3 - SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO

DE LA CALIBRACIÓN: Fecha: 2025-02-27
Lugar: Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.
Método: Por comparación directa con patrones de longitud certificados.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,5	21,9
Humedad Relativa (%óhr)	64,6	63,9

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Bloques Patrón de Longitud Serie: 120161	LLA-C-003-2023 - INACAL - DM
	Termohigrómetro patrón de 0,1 °C / 0,1 %óhr de resolución Código: IT-20	1AT-2632-2024 - METROIL S.A.C.

OBSERVACIONES:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



Gerente de Metrología
Reg. CIP N° 137294



Firmado digitalmente
por INGA CHUCOS
MOISES ADOLFO FIR
10020315 hard
Fecha: 2025.02.28
10:41:46 -05'00'



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 2

N° **CLU-135-2025**

Fecha de emisión: 2025-02-27

Expediente: 598-2025

UNIDAD BAJO PRUEBA: MEDIDOR DE ESPESORES

Marca: YUWESE
 Modelo: EC-770S
 Serie: 2110EC430835 (Indicador)
 Identificación: No Indica

Alcance de Indicación: 0 a 70 mils
 División Mínima: (*)
 Procedencia: No Indica
 Ubicación: No Indica

SOLICITANTE: MAMANI QUISPE JHON ABEL

Dirección: CAL. LOS OLIVOS - APV. 30 DE SETIEMBRE LOTE. E3 - SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO

DE LA CALIBRACIÓN:

Fecha: 2025-02-27
 Lugar: Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.
 Método: Por comparación directa con patrones de longitud certificados.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
 La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,6	21,5
Humedad Relativa (%hr)	59	59

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL - DM	Micrómetro de Exteriores Código: IL-17	SGLA - A - 0061 - 2024 - SG NORTEC S.A.C
Patrones de referencia del INACAL - DM	Termohigrómetro Código: IT-20	1AT-2632-2024 METROIL S.A.C.




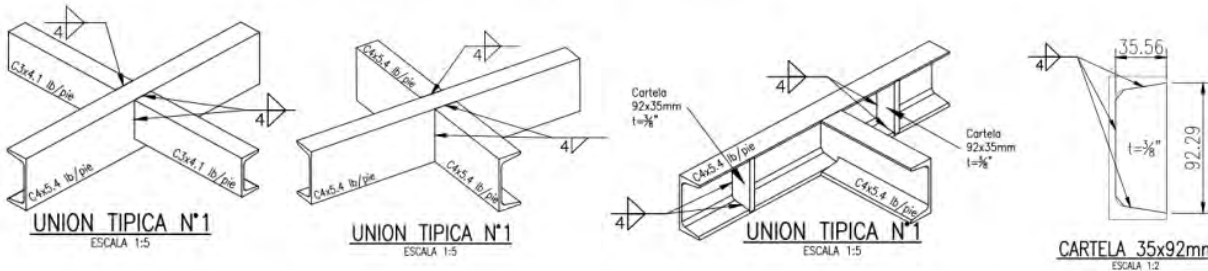
Gerente de Metrología
 Reg. CIP N° 137294




Firmado digitalmente
 por INGA CHUCOS
 MOISES ADOLFO FIR
 10020315 hard
 Fecha: 2025.02.28
 10:41:17 -05'00'



Anexo F.3. Registros de inspección de control de calidad

		VISUAL INSPECTION EXAMINATION REPORT FORM REPORTE DE INSPECCION VISUAL	REPORT N°: FECHA DE INSPECCION PAGINA 1 de 2			
DESCRIPTION OF PART EXAMINED DESCRIPCION DEL COMPONENTE EVALUADO						
CLIENTE:	LADRILLERA LATESAN					
PROYECTO:	"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"		PLANO DE REFERENCIA: MC-PT-102 WPS N°: -			
Descripcion Del Elemento:		Material: ASTM A-36	Espesor: 4 mm			
Codigo de Referencia: AWS D1.1 - 2020		Tipo de Junta Soldada: Filete / A Tope Criterio de Aceptacion: AWS D1.1 - 2020				
USED EQUIPMENTS Equipos utilizados						
BRIDGE CAM: GALGA	Marca: G.A.L.	Modelo: CAT-12A	ANGULO DE INSPECCION 30°			
Método de examinación: DIRECTO						
EXAMINATION CONDITIONS CONDICIONES DE ENSAYO						
TIPO DE LUZ	NATURAL	CONDICION DE LA SUPERFICIE	ESCOBILLADO			
RESULTADOS						
CODIGO	SOLDADOR	PROCESO	DIMENSION (mm)	ACEPTADO	RECHAZADO	OBSERVACIONES
UT 1.1.J1	WQC98	SMAW	100	x	---	---
UT 1.1.J1	WQC98	SMAW	41	x	---	---
UT 1.1.J1	WQC98	SMAW	41	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	100	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	100	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	41	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	41	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	41	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	41	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	76	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J4	WQC98	SMAW	92	x	---	---
UT 1.1.J4	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J4	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J5	WQC98	SMAW	92	x	---	---
UT 1.1.J5	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J5	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J6	WQC98	SMAW	36	x	---	---
UT 1.1.J6	WQC98	SMAW	36	x	---	---
EXAMINATIONS RESULTS RESULTADOS DEL ENSAYO						
ELEMENTO INSPECCIONADO EN FABRICACION						
						
LEYENDA / Legend FL - FISURA LONGITUDINAL - Longitudinal Crack FT - FISURA TRANSVERSAL - Transversal Crack PO - POROSIDAD - Porosity MO - MORDEDURA - Undercut - SO - SOBREPONCION - Overlap FF - FALTA DE FUSION - Lack of Fusion A - ACEPTABLE - Acceptable R - REPARAR - Repair.						
CONCLUSIONES: Se concluye que las uniones soldadas evaluadas son aceptables, pudiendo ser puestas en servicio sin restricciones desde el punto de vista de la inspección visual.		CONDICION ACEPTABLE				
TESISISTA	TESISISTA	ASESOR DE TESIS				

	VISUAL INSPECTION EXAMINATION REPORT FORM	REPORT N°
	REPORTE DE INSPECCION VISUAL	FECHA DE INSPECCION
		PAGINA 2 de 2

**DESCRIPTION OF PART EXAMINED
DESCRIPCION DEL COMPONENTE EVALUADO**

CLIENTE:	LADRILLERA LATESAN		
PROYECTO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO*		PLANO DE REFERENCIA: MC-PT-102
Description Del Elemento:		Material: ASTM A-36	WPS N°: -
Codigo de Referencia: AWS D1.1 - 2020		Procedimiento:	Tipo de Junta Soldada: Filete / A Tope
			Criterio de Aceptacion: AWS D1.1 - 2020

**USED EQUIPMENTS
Equipos utilizados**

BRIDGE CAM: GALGA	Marca: G.A.L.	Modelo: CAT-12A	ANGULO DE INSPECCION 30°	Método de examinación: DIRECTO
--------------------------	---------------	-----------------	--------------------------	---------------------------------------

**EXAMINATION CONDITIONS
CONDICIONES DE ENSAYO**


TIPO DE LUZ	NATURAL	CONDICION DE LA SUPERFICIE	ESCOBILLADO
--------------------	---------	-----------------------------------	-------------

ELEMENTO INSPECCIONADO EN FABRICACION



LEYENDA / Legend
 FL - FISURA LONGITUDINAL - Longitudinal Crack FT - FISURA TRANSVERSAL - Transversal Crack PO - POROSIDAD - Porosity MO - MORDEDURA - Undercut SO - SOBREPOSICION - Overlap FF - FALTA DE FUSION - Lack of Fusion
 A - ACEPTABLE - Acceptable R - REPARAR - Repair.

CONCLUSIONES:		CONDICION ACEPTABLE
Se concluye que las uniones soldadas evaluadas son aceptables, pudiendo ser puestas en servicio sin restricciones desde el punto de vista de la inspección visual.		
TESISTA	TESISTA	ASESOR DE TESIS

	VISUAL INSPECTION EXAMINATION REPORT FORM	REPORT N°:
	REPORTE DE INSPECCION VISUAL	FECHA DE INSPECCION
		PAGINA 1 de 2

**DESCRIPTION OF PART EXAMINED
DESCRIPCION DEL COMPONENTE EVALUADO**

CLIENTE:	LADRILLERA LATESAN		
PROYECTO:	"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"		PLANO DE REFERENCIA: MC-PT-102
			WPS N°: -
Descripcion Del Elemento:		Material: ASTM A-36	Espesor: 4 mm
Codigo de Referencia: AWS D1.1 - 2020		Procedimiento:	Tipo de Junta Soldada: Filete / A Tope
			Criterio de Aceptacion: AWS D1.1 - 2020

**USED EQUIPMENTS
Equipos utilizados**

BRIDGE CAM: GALGA	Marca: G.A.L.	Modelo: CAT-12A	ANGULO DE INSPECCION 30°	Método de examinación: DIRECTO
-------------------	---------------	-----------------	--------------------------	--------------------------------

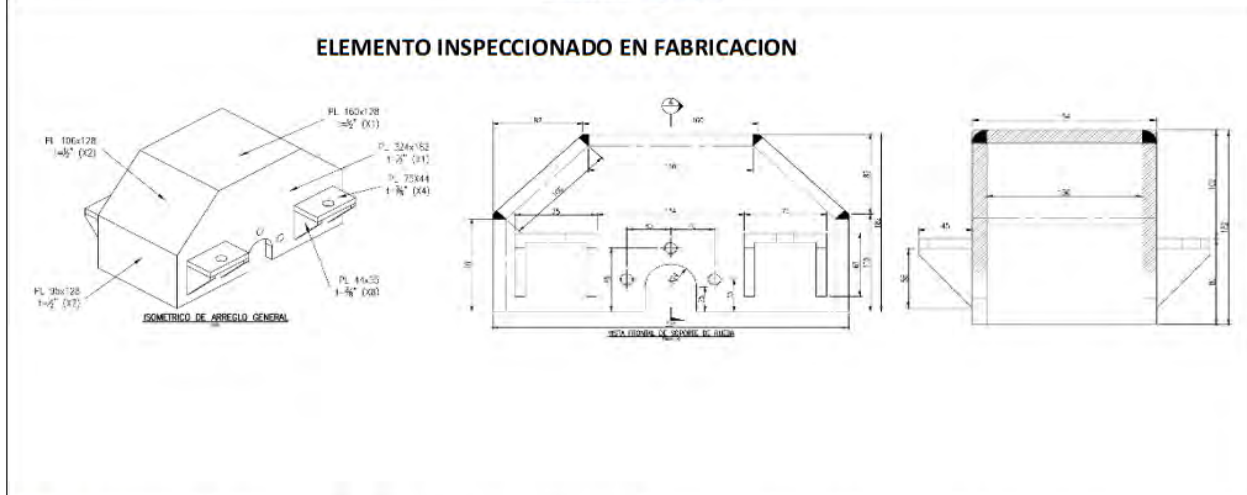
**EXAMINATION CONDITIONS
CONDICIONES DE ENSAYO**

TIPO DE LUZ	NATURAL	CONDICION DE LA SUPERFICIE	ESCOBILLADO
-------------	---------	----------------------------	-------------

RESULTADOS

CODIGO	SOLDADOR	PROCESO	DIMENSION (mm)	ACEPTADO	RECHAZADO	OBSERVACIONES
UT 1.1.J1	WQC98	SMAW	106	x	---	---
UT 1.1.J1	WQC98	SMAW	130	x	---	---
UT 1.1.J1	WQC98	SMAW	130	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	106	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	106	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	150	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	150	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	150	x	---	---
UT 1.1.J2	WQC98	SMAW	150	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	75	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	44	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	44	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	75	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	44	x	---	---
UT 1.1.J3	WQC98	SMAW	44	x	---	---
UT 1.1.J4	WQC98	SMAW	100	x	---	---
UT 1.1.J4	WQC98	SMAW	100	x	---	---
UT 1.1.J4	WQC98	SMAW	100	x	---	---
UT 1.1.J5	WQC98	SMAW	130	x	---	---
UT 1.1.J5	WQC98	SMAW	130	x	---	---
UT 1.1.J5	WQC98	SMAW	130	x	---	---

**EXAMINATIONS RESULTS
RESULTADOS DEL ENSAYO**



LEYENDA / Legend
 FL - FISURA LONGITUDINAL - Longitudinal Crack FT - FISURA TRANSVERSAL - Transversal Crack PO - POROSIDAD - Porosity MO - MORDEDURA - Undercut SO - SOBREPOSICION - Overlap FF - FALTA DE FUSION - Lack of Fusion A - ACCEPTABLE - Aceptable R - REPARAR - Repair.

CONCLUSIONES:		CONDICION ACEPTABLE
Se concluye que las uniones soldadas evaluadas son aceptables, pudiendo ser puestas en servicio sin restricciones desde el punto de vista de la inspección visual.		
TESISTA	TESISTA	ASESOR DE TESIS

	VISUAL INSPECTION EXAMINATION REPORT FORM	REPORT N°
	REPORTE DE INSPECCION VISUAL	FECHA DE INSPECCION
		PAGINA 2 de 2

**DESCRIPTION OF PART EXAMINED
DESCRIPCION DEL COMPONENTE EVALUADO**

CLIENTE:	LADRILLERA LATESAN		
PROYECTO:	"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"		PLANO DE REFERENCIA: MC-PT-102
Descripcion Del Elemento:	Material: ASTM A-36	Espesor:	4 mm
Codigo de Referencia: AWS D1.1 - 2020	Procedimiento:	Criterio de Aceptacion: AWS D1.1 - 2020	

USED EQUIPMENTS Equipos utilizados				
BRIDGE CAM: GALGA	Marca: G.A.L.	Modelo: CAT-12A	ANGULO DE INSPECCION 30°	Método de examinación: DIRECTO

EXAMINATION CONDITIONS CONDICIONES DE ENSAYO			
TIPO DE LUZ	NATURAL	CONDICION DE LA SUPERFICIE	ESCOBILLADO

ELEMENTO INSPECCIONADO EN FABRICACION



LEYENDA / Legend
 FL - FISURA LONGITUDINAL - Longitudinal Crack FT - FISURA TRANSVERSAL - Transversal Crack PO - POROSIDAD - Porosity MO - MORDEDURA - Undercut SO - SOBREPOSICION - Overlap FF - FALTA DE FUSION - Lack of Fusion
 A - ACEPTABLE - Acceptable R - REPARAR - Repair.

CONCLUSIONES: Se concluye que las uniones soldadas evaluadas son aceptables, pudiendo ser puestas en servicio sin restricciones desde el punto de vista de la inspección visual.	CONDICION ACEPTABLE
--	----------------------------

TESISTA	TESISTA	ASESOR DE TESIS

	REPORTE DE INSPECCION CON TINTES PENETRANTES		REPORTE	PT-01
			REVISION	0
			FECHA	
			PAGINAS	01 DE 02

CLIENTE: LADRILLERA LATESAN
PROYECTO: "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"
REQUERIDO POR: LADRILLERA LATESAN

ELEMENTO: ESTRUCTURA PLATAFORMA	PLANO DE REF.	MC-PT-102
	OC	-

DATOS DEL ELEMENTO

MATERIAL	ESESOR (mm)	CODIGO	SOLDADURA	TIPO JUNTA	SOLDADOR	SUPERFICIE	OBSERVACIONES
ASTM A-36	4mm	-	SMAW	FILETE / TOPE	WQC98	ESCOBILLADA	-

PROCEDIMIENTO, NORMA O CODIGO DEL ENSAYO

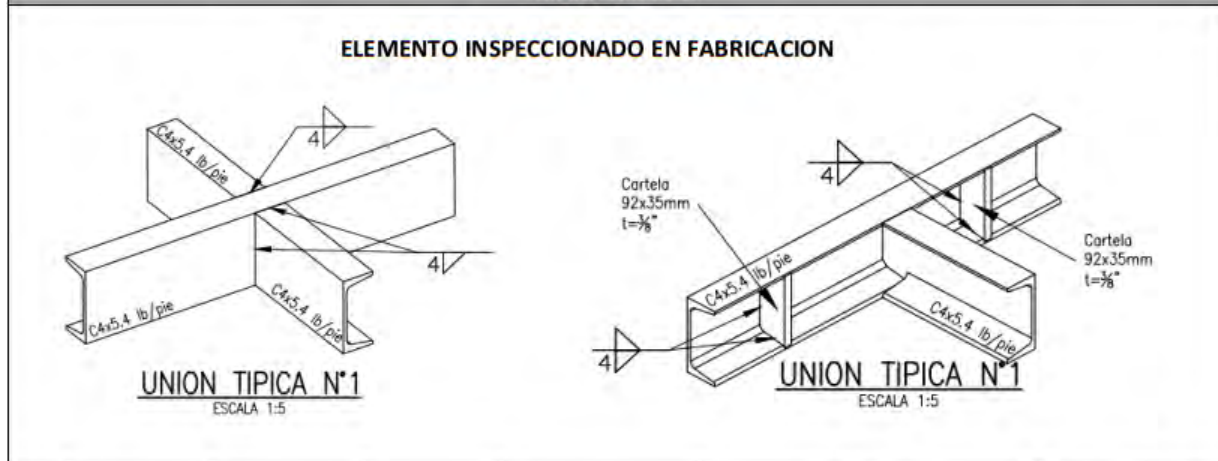
% / m Solicitado	CODIGO Y NORMA DE REFERENCIA	CRITERIO DE ACEPTACION	PROCEDIMIENTO
100%	AWS D1.1 - 2020	AWS D1.1 - 2020	

FABRICANTE	PENETRANTE LAVABLE AL AGUA	PENETRANTE REMOVIBLE CON SOLVENTE	REVELADOR	LIMPIADOR	ELEMENTO DE LIMPIEZA
CANTESTO	-	P 101-A	D 101-A	C 101-A	TRAPO INDUSTRIAL

CONDICIONES DEL ENSAYO

ESTADO DE LA SUPERFICIE	TEMPERATURA DE LA PIEZA	SECADO	APLICACIÓN	LUZ PARA LA INSPECCION	TIEMPO DE PENETRANTE	TIEMPO DE REVELADOR
ESCOBILLADO	10° C	NATURAL	SPRAY	NATURAL	10 MINT.	10 MINT.

ESQUEMA y/o FOTOGRAFIAS



N°	CODIGO GENERAL	N° JUNTA	LONGITUD EN mm	SOLDADOR	DICONTINUIDAD				EVALUACION		
					LONGITUD (mm)	TIPO DE DEFECTO	X (mm)	Y (mm)	clase de evaluacion	APROBADO	RECHAZADO
1	SD N°01	P-001	100	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
2	SD N°01	P-002	41	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
3	SD N°01	P-003	100	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
4	SD N°01	P-004	41	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
5	SD N°01	P-005	76	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
6	SD N°01	P-006	36	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
7	SD N°01	P-007	92	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
8	SD N°01	P-008	36	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
9	SD N°01	P-009	92	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
10	SD N°01	P-010	36	WQC98	-	-	-	-	-	A	-

EVALUACION: Las uniones soldadas fueron evaluadas y clasificadas conforme a los criterios de aceptación de AWS D1.1, encontrándose dentro de los límites permisibles.

LEYENDA / Legend
 FL - FESURA LONGITUDINAL - Longitudinal Crack FT - FESURA TRANSVERSAL - Transversal Crack PO - POROSIDAD - Porosity MO - MORDEDURA - Undercut SO - SOBREPONCION - Overlap RF - FALTA DE FUSION - Lack of Fusion

OBSERVACIONES: Las uniones soldadas inspeccionadas cumplen con los requisitos de aceptación de AWS D1.1, por lo que se consideran aceptables para su puesta en servicio.

CLASIFICACION: CONFORME NO CONFORME

QC/QA	RESIDENTE DE OBRA	SUPERVISION

	REPORTE DE INSPECCION CON TINTES PENETRANTES					REPORTE	PT-01
						REVISION	0
						FECHA	
						PAGINAS	02 DE 02
CLIENTE: LADRILLERA LATESAN PROYECTO: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"							
REQUERIDO POR: LADRILLERA LATESAN						PLANO DE REF.	-
ELEMENTO: ESTRUCTURA PLATAFORMA						OC	-
DATOS DEL ELEMENTO							
MATERIAL	ESESOR (mm)	CODIGO	SOLDADURA	TIPO JUNTA	SOLDADOR	SUPERFICIE	OBSERVACIONES
ASTM A-36	4mm	-	SMAW	FILETE / TOPE	WQC98	ESCOBILLADA	-
CREACION							
% / m Solicitado	CODIGO Y NORMA DE REFERENCIA		CRITERIO DE ACEPTACION			PROCEDIMIENTO	
100%	AWS D1.1 - 2020		AWS D1.1 - 2020				
CONDICIONES DEL ENSAYO							
FABRICANTE	PENETRANTE LAVABLE AL AGUA	PENETRANTE REMOVIBLE CON SOLVENTE	REVELADOR	LIMPIADOR	ELEMENTO DE LIMPIEZA		
CANTESTO	-	P 101-A	D 101-A	C 101-A	TRAPO INDUSTRIAL		
ESTADO DE LA SUPERFICIE							
ESTADO DE LA SUPERFICIE	TEMPERATURA DE LA PIEZA	SECADO	APLICACIÓN	LUZ PARA LA INSPECCION	TIEMPO DE PENETRANTE	TIEMPO DE REVELADOR	
ESCOBILLADO	10° C	NATURAL	SPRAY	NATURAL	10 MINT.	10 MINT.	
ESQUEMA y/o FOTOGRAFIAS							
JUNTAS INSPECCIONADAS EN FABRICACION							
							
EVALUACION: Las uniones soldadas fueron evaluadas y clasificadas conforme a los criterios de aceptación de AWS D1.1, encontrándose dentro de los límites permisibles.							
OBSERVACIONES: Las uniones soldadas inspeccionadas cumplen con los requisitos de aceptación de AWS D1.1, por lo que se consideran aceptables para su puesta en servicio.							
CLASIFICACION: CONFORME <input checked="" type="checkbox"/> NO CONFORME <input type="checkbox"/>							
QC/QA		RESIDENTE DE OBRA			SUPERVISION		

	REPORTE DE INSPECCION CON TINTES PENETRANTES	REPORTE	PT-02
		REVISION	0
		FECHA	
		PAGINAS	01 DE 02

CLIENTE: LADRILLERA LATESAN		PLANO DE REF.	MC-PT-102
PROYECTO: "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20'000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"			
REQUERIDO POR: LADRILLERA LATESAN			
ELEMENTO: SOPORTE DE RUEDA		OC	-

DATOS DEL ELEMENTO

MATERIAL	ESPESOR (mm)	CODIGO	SOLDADURA	TIPO JUNTA	SOLDADOR	SUPERFICIE	OBSERVACIONES
ASTM A-36	4mm	-	SMAW	FILETE / TOPE	WQC98	ESCOBILLADA	-

PROCEDIMIENTO, NORMA O CODIGO DEL ENSAYO

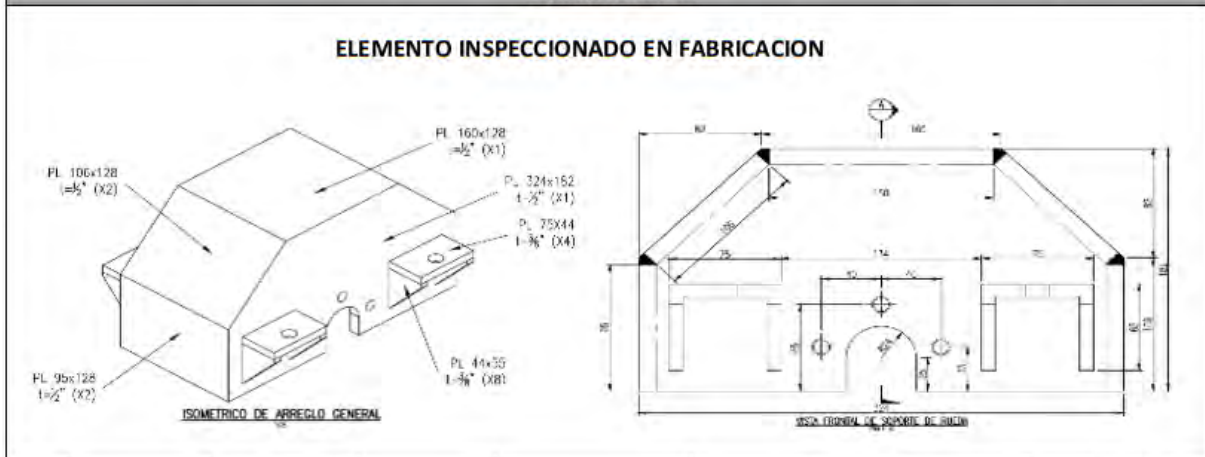
% / m Soldado	CODIGO Y NORMA DE REFERENCIA	CRITERIO DE ACEPTACION	PROCEDIMIENTO
100%	AWS D1.1 - 2020	AWS D1.1 - 2020	

FABRICANTE	PENETRANTE LAVABLE AL AGUA	PENETRANTE REMOVIBLE CON SOLVENTE	REVELADOR	LIMPIADOR	ELEMENTO DE LIMPIEZA
CANTESTO	-	P 101-A	D 101-A	C 101-A	TRAPO INDUSTRIAL

CONDICIONES DEL ENSAYO

ESTADO DE LA SUPERFICIE	TEMPERATURA DE LA PIEZA	SECADO	APLICACIÓN	LUZ PARA LA INSPECCION	TIEMPO DE PENETRANTE	TIEMPO DE REVELADOR
ESCOBILLADO	10° C	NATURAL	SPRAY	NATURAL	10 MINT.	10 MINT.

ESQUEMA y/o FOTOGRAFIAS



Nº	CODIGO GENERAL	Nº JUNTA	LONGITUD EN mm	SOLDADOR	DICONTINUIDAD				EVALUACION		
					LONGITUD (mm)	TIPO DE DEFECTO	X (mm)	Y (mm)	clase de evaluacion	APROBADO	RECHAZADO
1	SD N°01	P-001	100	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
2	SD N°01	P-002	41	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
3	SD N°01	P-003	100	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
4	SD N°01	P-004	41	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
5	SD N°01	P-005	76	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
6	SD N°01	P-006	36	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
7	SD N°01	P-007	92	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
8	SD N°01	P-008	36	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
9	SD N°01	P-009	92	WQC98	-	-	-	-	-	A	-
10	SD N°01	P-010	36	WQC98	-	-	-	-	-	A	-

EVALUACION: Las uniones soldadas fueron evaluadas y clasificadas conforme a los criterios de aceptación de AWS D1.1, encontrándose dentro de los límites permisibles.

LEYENDA / Legend
 RL - FIGURA LONGITUDINAL - Longitudinal Crack FT - FIGURA TRANSVERSAL - Transversal Crack PO - POROSIDAD - Porosity MO - MORDEDURA - Undercut SO - SOBREPOSICION - Overlap FF - FALTA DE FUSION - Lack of Fusion

OBSERVACIONES: Las uniones soldadas inspeccionadas cumplen con los requisitos de aceptación de AWS D1.1, por lo que se consideran aceptables para su puesta en servicio.

CLASIFICACION: CONFORME NO CONFORME

QC/QA	RESIDENTE DE OBRA	SUPERVISION

	REPORTE DE INSPECCION CON TINTES PENETRANTES	REPORTE	PT-02
		REVISION	0
		FECHA	-
		PAGINAS	02 DE 02

CLIENTE: LADRILLERA LATESAN
 PROYECTO: "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA PLATAFORMA SOBRE RIELES CON CAPACIDAD PARA 20 000 LADRILLOS APLICADA A UN HORNO TIPO PAULISTA EN LA EMPRESA LATESAN, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO"

REQUERIDO POR: LADRILLERA LATESAN	PLANO DE REF.	-
ELEMENTO: SOPORTE DE RUEDA	OC	-

DATOS DEL ELEMENTO

MATERIAL	ESESOR (mm)	CODIGO	SOLDADURA	TIPO JUNTA	SOLDADOR	SUPERFICIE	OBSERVACIONES
ASTM A-36	4mm	-	SMAW	FILETE / TOPE	WQC98	ESCOBILLADA	-

CREACION

% / m Solicitado	CODIGO Y NORMA DE REFERENCIA	CRITERIO DE ACEPTACION	PROCEDIMIENTO
100%	AWS D1.1 - 2020	AWS D1.1 - 2020	

FABRICANTE	PENETRANTE LAVABLE AL AGUA	PENETRANTE REMOVIBLE CON SOLVENTE	REVELADOR	LIMPIADOR	ELEMENTO DE LIMPIEZA
CANTESTO	-	P 101-A	D 101-A	C 101-A	TRAPO INDUSTRIAL

CONDICIONES DEL ENSAYO

ESTADO DE LA SUPERFICIE	TEMPERATURA DE LA PIEZA	SECADO	APLICACIÓN	LUZ PARA LA INSPECCION	TIEMPO DE PENETRANTE	TIEMPO DE REVELADOR
ESCOBILLADO	10º C	NATURAL	SPRAY	NATURAL	10 MINT.	10 MINT.

ESQUEMA y/o FOTOGRAFIAS

JUNTAS INSPECCIONADAS EN FABRICACION



EVALUACION: Las uniones soldadas fueron evaluadas y clasificadas conforme a los criterios de aceptación de AWS D1.1, encontrándose dentro de los límites permisibles.

OBSERVACIONES: Las uniones soldadas inspeccionadas cumplen con los requisitos de aceptación de AWS D1.1, por lo que se consideran aceptables para su puesta en servicio.

CLASIFICACION:	CONFORME	<input checked="" type="checkbox"/>	NO CONFORME	<input type="checkbox"/>
QC/QA	RESIDENTE DE OBRA		SUPERVISION	