

Gestión, diseño y planeación de pasarelas modulares en CICOM Ingenieros

Luis Fernando Camacho Pérez



**Práctica presentada para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

Gestión, diseño y planeación de pasarelas modulares en CICOM Ingenieros

Luis Fernando Camacho Pérez

**Práctica presentada para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
Ing. Juan Carlos Ramírez**

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado especialmente a mi familia que me ayudaron a seguir desarrollando mi carrera profesional y me apoyaron en este proceso, también a esos profesionales como jefe directo, docentes y compañeros que también fueron de ayuda a lo largo de estos 4 meses donde desarrolle mi proyecto , y especialmente a mi madre que ha sido mi apoyo y la que me dijo que no renunciara y terminara la carrera profesional a pesar de las dificultades y por todo el esfuerzo que al día de hoy se ve reflejado. ¡Gracias!

Agradecimientos

Principalmente agradecer a Dios por darme la oportunidad de vivir esta experiencia profesional y personal, también gracias a mi familia por confiar en el proceso y el apoyo que me dieron en el transcurso de mi vida de aprendizaje profesional, además de agradecer al Ingeniero Juan David Reyes por lo aprendido en el transcurso de este proyecto, al Ingeniero Juan Carlos Ramírez por la tutoría y enseñanzas dadas, también agradece a la Universidad Pontificia Bolivariana por lo aprendido y porque en el proceso de aprendizaje conocí a grandes docentes y compañeros, también agradecer a la empresa CICOM Ingenieros por brindarme la oportunidad de realizar mi proyecto de grado aplicando mis conocimientos y poder crecer en mi vida profesional.

Contenido

Introducción	11
Generalidades de la empresa.....	13
Misión	14
Visión.....	14
Productos y servicio.....	14
Nombre del supervisor	15
Diagnóstico de la empresa	16
Delimitación del problema.....	17
Ámbito geográfico	17
Ámbito técnico.....	17
Ámbito temporal	17
Ámbito industrial	17
Antecedentes.....	19
La experiencia de CICOM ingenieros con proyectos similares.....	19
La necesidad de mejorar los accesos efectivos entre las áreas industriales	19
El uso de normas estructurales en la industria	19
Optimizando los tiempos en la fabricación y montaje.....	20
Justificación	21
Objetivos.....	23
Objetivo general.....	23
Objetivos específicos	23
Marco teórico	24

Estructuras metálicas modulares.....	24
Ventajas de las estructuras modulares	24
Diseño estructural y análisis de cargas	24
Carga máxima y factor de seguridad	25
Normativas a seguir	25
AWS D1.1 (Normativa de Soldadura para las Estructuras Metálicas)	25
NSR 10 (Normativa Colombiana de Construcción Sismo Resistente).....	25
Materiales empleados para la Fabricación.....	26
Acero al carbono (HR – Hot Rolled).....	26
Acero inoxidable (Inox).....	26
Project management en ingeniería	26
Procesos clave de fabricación de módulos.....	27
Montaje de obra	27
Metalmecánica y montaje industrial	27
Soldaduras utilizadas en las estructuras metálicas.....	28
Soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding) - Soldadura por electrodo revestido.....	28
Soldadura MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas).....	29
Soldadura TIG (Tungsten Inert Gas)	29
Metodología	31
Fase de análisis y diagnóstico	31
Identificación del problema	31
Recolección de información	31
Fase de diseño y cálculo estructural.....	31

Diseño conceptual y realización de modelos 3D	31
Cálculo estructural y cálculo de cargas.....	32
Fase de planificación y fabricación.....	32
Planificación de la fabricación, el montaje	32
Fabricación de las pasarelas.....	32
Montaje e instalación	32
Transporte y ensamblaje	32
Inspección final y pruebas de carga	33
Etapas de evaluación y documentación.....	33
Evaluación de los resultados.....	33
Elaboración de la documentación técnica.....	33
Resultados.....	34
Fase de análisis y diagnóstico.....	34
Identificación del problema	34
Levantamiento de información	34
Fase de diseño y cálculo estructural.....	34
Diseño conceptual y modelado 3D	34
Cálculo estructural y análisis de cargas	34
Fase de planificación y fabricación.....	35
Planificación de fabricación y montaje.....	35
Fabricación de las pasarelas.....	35
Fase de montaje e instalación	35
Transporte y ensamblaje	35

Inspección final y pruebas de carga	35
Fase de evaluación y documentación.....	36
Evaluación de resultados.....	36
Entrega de documentación técnica.....	36
Resultados obtenidos	36
Diseño y análisis estructural	36
Optimización de fabricación y montaje	39
Evaluación de instalación y desempeño	41
Conclusiones y recomendaciones	43
Conclusiones	43
Optimización de fabricación y montaje	44
Evaluación de la instalación y el comportamiento	44
Análisis de resultados	45
Comparativa de estudios previos y norma	45
Consideraciones sobre materiales y durabilidad.....	45
Impacto en la seguridad y operatividad	45
Recomendaciones	45
Referencias.....	47
Apéndices.....	48

Lista de figuras

Figura 1 Logo CICOM.....	13
Figura 2 Soldadura SMAW	28
Figura 3 Soldadura MIG/MAG.....	29
Figura 4 Soldadura TIG	30
Figura 5 Planos pasarelas.....	37
Figura 6 Resultados de análisis de esfuerzos. Plataforma ACPM	38
Figura 7 Fabricación pasarela INOX	39
Figura 8 Fabricación pasarela ACPM.....	40
Figura 9 Montaje pasarela INOX.....	41
Figura 10 Montaje pasarela ACPM	42

Lista de apéndices

Apéndice A Vista general de instalación.....	48
Apéndice B Plano ampliación ACPM - Vista general.....	49
Apéndice C Plano de módulo de ampliación.....	49
Apéndice D Plano de pasamanos.....	50
Apéndice E Plano de apoyos.....	50
Apéndice F Plano de riostras y Amarres.....	51
Apéndice G Plano de fabricación ACPM - Vista general.....	52
Apéndice H Planos de módulos.....	52
Apéndice I Plano partes en común.....	53
Apéndice J Planos de modulo 1.....	53
Apéndice K Plano de módulo 1 - pasamanos.....	54
Apéndice L Plano de detalles del módulo 5 - Escalera.....	54
Apéndice M Detalles de módulo 5 - Escalera.....	55
Apéndice N Detalles de pasos o escalones.....	55
Apéndice O Plano de escalera y detalles.....	56
Apéndice P Planos de pasamanos.....	56
Apéndice Q Planos de soportes.....	57
Apéndice R Plano general plataforma RGB.....	58
Apéndice S Plano de módulos para plataforma RGB.....	59
Apéndice T Plano de fabricación módulo de escalera E1.....	59
Apéndice U Plano de fabricación modulo 1.....	62
Apéndice V Plano de fabricación Escalera E2.....	64

Apéndice W Plano de fabricación Modulo 2.....	64
Apéndice X Plano de fabricación Escalera E3	66
Apéndice Y Plano de fabricación Soportes Pasarela RGB.....	67
Apéndice Z Análisis estructural de plataforma ACPM	68
Apéndice AA Análisis estructural de plataforma RGB.....	73



RESUMEN GENERAL DE PRACTICA DE GRADO

TITULO:	Gestión, diseño y planeación de pasarelas modulares en CICOM Ingenieros
AUTOR(ES):	Luis Fernando Camacho Pérez
PROGRAMA:	Ingeniería Mecánica
DIRECTOR(A):	Ing. Juan Carlos Ramírez

RESUMEN

El presente proyecto aborda la gestión, diseño y planeación de pasarelas modulares en la empresa CICOM Ingenieros. Donde se llevaron a cabo dos estructuras: una en acero al carbono (HR) para el acceso a tanques de ACPM y sus válvulas, y la otra en acero inoxidable (INOX) para conectar dos zonas del área de embotellado, estas pasarelas se realizaron para la empresa Central Cervecera en Sesquilé. Para garantizar la seguridad estructural, el análisis realizado para las pasarelas considerando una tonelada como carga máxima, obteniendo el factor de seguridad de 3. Cumpliendo con las normativas AWS D1.1 y NSR 10, asegurando resistencia, estabilidad y cumplimiento de los estándares de calidad exigidos. El proyecto abarca la planificación detallada desde la concepción del diseño hasta la ejecución en obra, optimizando los tiempos de fabricación e instalación. Además, se evaluaron aspectos como materiales, procesos de soldadura y montaje, asegurando eficiencia en cada etapa. Finalmente, se presentan conclusiones y recomendaciones basadas en la experiencia adquirida, destacando la importancia de una adecuada gestión de proyectos para la implementación eficiente de estructuras modulares en entornos industriales.

PALABRAS CLAVE:

Gestión de proyectos, Diseño estructural, Pasarelas modulares, Análisis de cargas, Factor de seguridad, Normativa AWS D1.1, Normativa NSR 10, Acero al carbono (HR), Acero inoxidable (Inox), Montaje y fabricación, Estructuras metálicas, Optimización de tiempos.

Vº Bº DIRECTOR DE PRACTICA DE GRADO



GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Management, design, and planning of modular walkways at CICOM Ingenieros

AUTHOR(S): Luis Fernando Camacho Pérez

FACULTY: Mechanical Engineering

DIRECTOR: Ing. Juan Carlos Ramírez

ABSTRACT

This thesis project addresses the management, design, and planning process of modular walkways at CICOM Ingenieros. Two structures were developed: one made of carbon steel (HR) for accessing ACPM tanks and their valves, and another made of stainless steel (Inox) to connect two bottling areas. To ensure structural safety, load analyses were conducted considering a maximum load of one ton, achieving a safety factor of 3. The design and manufacturing process adhered to AWS D1.1 and NSR 10 standards, ensuring strength, stability, and compliance with the required quality standards. The project encompasses detailed planning from design conception to on-site execution, optimizing manufacturing and installation times. Additionally, key aspects such as material selection, welding processes, and assembly were evaluated to ensure efficiency at each stage. Finally, conclusions and recommendations based on the acquired experience are presented, highlighting the importance of proper project management for the efficient implementation of modular structures in industrial environments.

KEYWORDS:

Project management, Structural design, Modular walkways, Load analysis, Safety factor, AWS D1.1 standard, NSR 10 standard, Carbon steel (HR), Stainless steel (Inox), Assembly and manufacturing, Metal structures, Time optimization.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

La puesta en práctica de sistemas modulares tiene un rol de vital importancia en la industria, igual que lo tienen el acceso y movilidad al participar en las labores de trabajo en condiciones óptimas. Esto es lo que se puede inferir al analizar las pasarelas industriales, ya que son una buena manera de mover al cuerpo humano para el mantenimiento de las máquinas e instalaciones en condiciones seguras. En este sentido, el manejo adecuado de las estructuras, el diseño y la planeación serán el soporte para poder manejar el tiempo de ejecución, los costos y dar cumplimiento a la normativa vigente de seguridad y calidad.

El proyecto de grado está diseñado para extraer un enfoque claro de la gestión del diseño y de la planeación de las pasarelas, en la empresa CICOM Ingenieros. En este sentido se realizaron 2 estructuras para la empresa Central Cervecera: una pasarela hecha de acero al carbono (HR) dedicada al acceso a tanques de ACPM y sus válvulas y manómetros, y una pasarela fabricada en acero inoxidable (INOX) para la conexión de 2 áreas en el proceso de embotellado en el sector de la zona de procesos.

Para el desarrollo del proyecto en cuestión, se realizaron análisis de cargas con una carga máxima de 1 toneladas, así se alcanzó un Factor de Seguridad de 3; que a su vez se aplicaron las normativas internacionales y nacionales como es la AWS D1.1 para la soldadura estructural para aceros o la NSR 10 para las estructuras de acero y la norma sismo resistente colombiana, así como la estabilidad estructural, la resistencia de los materiales garantizados.

La planificación del proyecto incluye todas las etapas; desde la necesidad del acceso, el diseño conceptual hasta la instalación in situ optimizando la fabricación y montaje tiempos. También se realizaron los aspectos técnicos más importantes como la selección de materiales, los

procesos de soldadura, los métodos de instalación, lo que garantizaba la correcta ejecución del proyecto cumplía con los estándares de calidad.

Se presenta en este documento un análisis del proceso de gestión del proyecto incluido los criterios del diseño, las exigencias del cliente, los ensayos de carga, ejecución de los procedimientos de fabricación y montaje y las conclusiones y recomendaciones que se han derivado de la experiencia adquirida durante la ejecución del mismo.

Generalidades de la empresa

CICOM INGENIEROS S.A.S. es una firma dedicada a proponer soluciones integradas en el terreno de la ingeniería, prestando especial atención a proyectos en los ámbitos del diseño, la construcción y el mantenimiento de infraestructuras y sistemas industriales. La empresa se caracteriza por una marcada calidad, una búsqueda por el cumplimiento de las normas técnicas y una eficiencia en la planificación de los proyectos. Sus principales servicios son los siguientes:

- Diseño y construcción; el desarrollo de proyectos de infraestructura industrial, incidiendo en obras de estructuras metálicas, sistemas mecánicos, eléctricos y civiles.
- Mantenimiento industrial; servicios de mantenimiento preventivo y correctivo aplicados a industrias tales como plantas de producción y la infraestructura petrolera o los sistemas de transporte.
- Asesoría técnica; consultoría y asesoría en ingeniería en la fase planificación y ejecución de los proyectos, garantizando soluciones personalizadas adaptadas a los usuarios y/o clientes en función de sus necesidades.
- Innovación y tecnología; utilización de herramientas de última generación para el diseño y la ejecución de proyectos, tales como las simulaciones, del modelado 3D, del análisis de ingeniería asistida por ordenador (CAE) y otras.

Figura 1

Logo CICOM



Nota. Adaptada de CICOM Ingenieros, 2015.

Además, la empresa es fácilmente reconocible como empresa que trabaja bajo unos estándares de seguridad y de sostenibilidad estrictos, los cuales garantizan la preservación del medio ambiente y el bienestar de sus trabajadores (CICOM Ingenieros S.A.S., 2015).

Misión

Estar en la capacidad de satisfacer plenamente las necesidades de nuestros clientes antes, durante y después de culminar el proyecto que tienen en nuestras manos, cumpliendo los estándares de calidad, seguridad y plazos fijados, asegurando la excelencia del control de calidad de nuestros productos terminados. (CICOM Ingenieros S.A.S, 2015).

Visión

Formar sinergias con las líneas de negocios y el personal calificado en la cultura del servicio y la estructura organización de la empresa, ofreciendo ingeniería que asegure altos estándares de calidad y de cumplimiento en actividades de construcción, adecuación, mantenimientos y diseños. (CICOM Ingenieros S.A.S, 2015).

Productos y servicio

CICOM Ingenieros S.A.S. desarrolla las soluciones integrales en las siguientes líneas de negocio:

- Ingeniería Civil: diseño, asesoría y ejecución de obras civiles, estudios geotécnicos, levantamientos topográficos y evaluación de riesgos.
- Ingeniería Eléctrica: instalaciones, mantenimiento y diseño de sistemas eléctricos industriales.
- Metalmecánica: fabricación y montaje de estructuras metálicas, cubiertas, tuberías y equipos industriales.

- Montajes Industriales: ensamble e instalación de máquinas y sistemas en sectores embotellado, oil & gas y construcción.
- Importación de Maquinaria: comercialización y distribución de equipos industriales especializados.
- Ingeniería Comercial: desarrollo de proyectos personalizados según la necesidad del cliente. (CICOM Ingenieros S.A.S, 2015)

Nombre del supervisor

Ingeniero de Proyectos - Juan David Reyes Herrera

Diagnóstico de la empresa

CICOM Ingenieros S.A.S. es una empresa con una gran experiencia y trayectoria en la ingeniería civil, sanitaria, energética y metalmecánica, con gran experiencia en la promoción, diseño y desarrollo para la fabricación y montaje de estructuras industriales, pero la aplicación de pasarelas modulares en un entorno industrial debe ser gestionado de un modo eficaz, o sea, desde su planificación hasta su desarrollo final, teniendo en cuenta la normativa para su abastecimiento y la optimización de los recursos. En la evolución del proyecto de las pasarelas modulares, se detectaron algunos factores clave dentro de la empresa, los cuales fueron:

- La necesidad de una accesibilidad segura: se necesitaba alguna solución estructural que brindara el acceso a los tanques de ACPM y a las zonas de envasado y/o embotellado, mejorando de este modo la operatividad y la seguridad del personal.
- Cumplimiento de la normativa: la empresa debía garantizar que las pasarelas existentes cumplieran con la normativa AWS D1.1 y la NSR 10; con lo que se aseguraba la calidad y la seguridad del producto final.
- Optimización de los tiempos: la gestión del proyecto debía realizarse poniendo un especial interés en reducir los tiempos de fabricación y montaje, sin comprometer la calidad del producto.
- Capacidad técnica: CICOM Ingenieros dispone de la infraestructura y de los conocimientos necesarios para llevar a cabo este tipo de estructuras, lo que permitió llevar a cabo el proyecto correctamente.

El presente diagnóstico permitió establecer estrategias de diseño, planificación y fabricación de acuerdo con las capacidades que la empresa tiene, asegurando de este modo que se pudiera realizar con éxito el montaje de las pasarelas modulares.

Delimitación del problema

La propuesta está enfocada en la gestión, diseño y elaboración de las pasarelas modulares en la organización CICOM Ingenieros y con vistas a satisfacer las necesidades requeridas por la empresa Central Cervecera, con el fin de que ciertas condiciones puedan tener accesibilidad y la seguridad necesaria en sus entornos industriales. La delimitación del problema está establecida en:

Ámbito geográfico

El desarrollo del proyecto está constituido entre las instalaciones de CICOM Ingenieros, así como los puntos donde se construirán las pasarelas es en la empresa Central Cervecera Sesquilé en el área de tanques de ACPM y en la zona de embotellado.

Ámbito técnico

- Diseño y construcción de dos pasarelas modulares, una pasarela de acero al carbono (HR) y una pasarela de acero inoxidable (Inox).
- Análisis de cargas, donde se realiza una evaluación usando un peso de 1 tonelada alcanzando un valor de seguridad de 3.
- Cumplimiento de las normativas AWS D1.1 y NSR 10 garantizando la resistencia y la estabilidad.

Ámbito temporal

El ámbito del proyecto comprende la delimitación del problema -diseño- fabricación - montaje de las pasarelas de forma que pueda ser totalmente planificado e ir en contra de los tiempos sentenciados por el cliente.

Ámbito industrial

Las pasarelas modulares son utilizadas para que el acceso de las personas sea en favor del

mantenimiento y acceso entre zonas de producción, como una mejora de la operatividad y la movilidad de la propia planta.

Antecedentes

El diseño y construcción de pasarelas modulares es una necesidad periódica en esta industria, para tanto tener la posibilidad de crear estructuras que sean seguras y eficientes para tener acceso y/o mantenimiento de equipos. En el caso de CICOM Ingenieros S.A.S., la ejecución de estas estructuras parte de problemáticas específicas de la industria, donde la accesibilidad y seguridad de la persona son primordiales. (Last, 2024).

La experiencia de CICOM ingenieros con proyectos similares

CICOM Ingenieros ha desarrollado una gran cantidad de proyectos para el área metalmecánica y de montajes de estructuras industriales, correspondientes a la confección e instalación de estructuras metálicas de diferentes áreas industriales, tales como el petrolero, embotellador y manufactura en general. Gracias a esta experiencia con el uso de la norma AWS D1.1; en unión con la norma NSR 10; se ha garantizado la calidad/rigidez de las estructuras metálicas.

La necesidad de mejorar los accesos efectivos entre las áreas industriales

El mantenimiento y operación de los tanques de ACPM, así como la unión de las áreas de embotellado, requieren construcciones adecuadas para permitir que las personas se desplacen de forma segura. Antes de la realización del presente proyecto, el acceso a estas áreas de trabajo era difícil de manera efectiva y generaba un incremento de los riesgos laborales; todo lo cual hacía disminuir la eficiencia en el trabajo desarrollado.

El uso de normas estructurales en la industria

La industria ha podido llegar a estandarizar los diseños de pasarelas a partir de normas de seguridad estructural y de soldadura. El uso de la norma AWS D1.1; en la misma línea que la

norma NSR 10 han sido claves en la ejecución del presente proyecto para dotar de estructuras confiables, correspondientes a análisis de carga.

Optimizando los tiempos en la fabricación y montaje

Uno de los mayores problemas que enfrenta la industria metalmecánica es la reducción de los tiempos de ejecución, conservando la calidad a la hora de ejecutar estructuras.

Experiencias anteriores han probado que una buena planificación desde las fases de diseño permite optimizar el aprovechamiento de materiales, procesos de fabricación y montaje en la obra, por lo que el tiempo de realización como el coste de la instalación se ven reducidos.

Justificación

La implementación de pasarelas modulares en CICOM Ingenieros lo hace en respuesta a la necesidad de mejorar la accesibilidad, facilidad para el montaje, transporte, mantenimiento o modificación de las pasarelas en zonas industriales, logrando el cumplimiento de las normativas y requisitos del cliente.

El proyecto parte de la necesidad de implementar pasarelas modulares que respondan a la necesidad de mejorar el acceso seguro a unas determinadas zonas. En este sentido, se hace evidente que la falta de estas estructuras o una deficiencia en las mismas, supondrá un compromiso a la seguridad de la persona, además de complicar las labores de mantenimiento o incluso de retrasar los procesos operativos (Last, 2024).

El problema de urgencia viene dado por el hecho de que sin una buena solución estructural aumentamos los riesgos de accidente de accidente laboral y reduzcamos la eficiencia de los procesos industriales. En entornos donde el hecho de acceder con frecuencia a equipos y válvulas es un hecho, caso de las tanquetas de ACPM, es importante operar con estructuras robustas y seguras con el fin, precisamente, de garantizar la movilidad del personal técnico.

La investigación se puede realizar con posibilidades de éxito porque se cuentan con los recursos materiales, técnicos y humanos que son necesarios para el desarrollo. CICOM Ingenieros tiene experiencia en el proyecto de metalmecánica, tiene capacidad para realizar análisis estructurales y para construir y montar estructuras que cumplen con AWS D1.1 y NSR10. Además, se cuentan con datos reales y realizaciones prácticas obtenidas en el transcurso de la ejecución de las pasarelas ((AIS)., 2010), (American Welding Society., 2015).

El presente proyecto aporta un diseño de trabajo que relaciona la gestión de los proyectos con el diseño estructural, el análisis de la carga y la planificación eficiente de recursos.

Considera además ser una herramienta de base para futuros proyectos y para llegar a tener una base de datos y experiencias que sirva para incrementar los tiempos de diseño de la parte estructural y para adaptar el diseño de los trabajos a ambientes industriales diferentes donde sean necesarias la fabricación de estructuras modulares. (Smith, 2024)

Desde la perspectiva profesional, el estudio permite aumentar competencias clave a nivel de ingeniero mecánico (diseño estructural, determinación de normativa, elección de material, planificación) y proporciona la experiencia directa a nivel de resolución de problemas reales de un entorno industrial. Todo ello está orientado a la culminación de la formación profesional más completa y competitiva.

Objetivos

Objetivo general

Constituir un diseño, planificación y gestión en la fabricación e instalación de pasarelas modulares en CICOM Ingenieros, adecuando dichas pasarelas para cumplir con la normativa técnica y facilitar la correcta adecuación de los recursos para cumplir con los requerimientos y especificaciones del cliente Central Cervecera para la mejora de la accesibilidad y de la seguridad en contextos industriales.

Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos estructurales y funcionales para las áreas en donde se encuentran las pasarelas modulares e investigar las necesidades del cliente y un acceso continuo y seguro.

- Realizar el diseño técnico y el diseño estructural de las pasarelas en acero al carbono (HR) e inoxidable (INOX), aplicando los análisis de los cargos y del factor de seguridad de acuerdo con las normas AWS D1.1 y NSR 10. ((AIS) (2010), (American Welding Society., 2015).

- Planear el proceso de producción y montaje optimizando los tiempos, los materiales y los recursos que tiene la empresa.

- Realizar la supervisión y la ejecución montando las pasarelas modulares y asegurando la respuesta a los estándares de calidad, de seguridad y de funcionalidad.

- Evaluar los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto para establecer recomendaciones y generar aprendizajes de los conocimientos producidos que se pueden aplicar en futuros trabajos.

Marco teórico

Estructuras metálicas modulares

Las estructuras modulares son aquellas estructuras que están preparadas para asegurar, en las zonas de difícil tránsito y de trabajo, el paso seguro de las personas. Este tipo de estructuras modulares tiene un diseño segmentado, es prefabricado y se verifica a partir de la configuración de las distintas placas o paneles que las forman. Además, estos módulos permiten una rápida instalación, modificación y ampliación para configurar los distintos espacios y distintas necesidades de trabajo. Por otro lado, estas estructuras modulares tienen que demostrar la estabilidad en su posición, la capacidad de carga de las sobrecargas y en las inclemencias que pueden existir en una plantas industriales o en exteriores (Smith, 2024).

Ventajas de las estructuras modulares

- Reducción de tiempos de fabricación de ensamblaje de las estructuras modulares y sus estructuras metálicas.
- Menores costos en el seguimiento de la instalación de las estructuras metálicas.
- Ampliación de las estructuras metálicas modulares para la construcción de nuevos espacios y de las instalaciones dentro de la construcción.
- Mayor control de la calidad del proceso, ya que se habilita el taller para la elaboración de las estructuras modulares y de sus estructuras metálicas.

En este proyecto los materiales utilizados han conocido Acero al carbono (HR) y Acero inoxidable, y garantizan la resistencia y el cumplimiento de las normativas de seguridad y las instrucciones que hay para las estructuras modulares.

Diseño estructural y análisis de cargas

La diseño estructural de las estructuras metálicas se traduce en la fórmula y en el aula de

los elementos que componen la pasarela y se deduce que es capaz de soportar arriba las cargas vivas y muertas, además de satisfacer las distintas cargas que existen durante los momentos dinámicos. El análisis de cargas es una idea muy importante y en este proyecto se han considerado cargas máximas de 1 tonelada para las pasarelas y plataformas.

Carga máxima y factor de seguridad

- Carga máxima de 1 tonelada: Considera el peso del personal que hay en la pasarela y el peso de los medios utilizados en las pasarelas de trabajo.
- Factor de seguridad de 3: no hay que considerar un mayor peso por parte de la pasarela de los operativos.

Este análisis es muy importante ya que podrá considerarse el juicio de los materiales a elegir y de los perfiles construidos.

Normativas a seguir

El proyecto se ve influido por las dos regulaciones que son, tanto en fábrica como en su montaje, muy importantes para la fabricación de estructuras metálicas.

AWS D1.1 (Normativa de Soldadura para las Estructuras Metálicas)

Esta norma, emitida por la American Welding Society (AWS), especifica los requisitos de calidad, de inspección y procesos de soldadura de estructuras de acero. El uso de esta norma en el proyecto garantiza una unión soldada con unos requisitos de seguridad y fiabilidad adecuados. (American Welding Society., 2015)

NSR 10 (Normativa Colombiana de Construcción Sismo Resistente)

La norma NSR 10 da directrices de diseño para las estructuras metálicas a construir y busca garantizar la seguridad de los edificios frente a unas cargas dinámicas y a las cargas generadas por un seísmo. La norma aplicada en las pasarelas asegura que las pasarelas puedan

soportar unas oscilaciones y unas cargas imprevistas, sin que eso ponga en peligro la estabilidad de esta estructura (AIS., 2010).

Materiales empleados para la fabricación

El material a usar influye directamente en la durabilidad y el comportamiento de la estructura de la pasarela. Para tales fines se han empleado dos aceros:

Acero al carbono (HR – Hot Rolled)

- Alta resistencia mecánica.
- Buena soldabilidad y buena capacidad de fabricación.
- Adecuado para estructuras pesadas y de alto tráfico.

Acero inoxidable (Inox)

- Resistencia a la corrosión y a los agentes químicos.
- Poco mantenimiento y mayor durabilidad en ambientes húmedos.
- Especialmente adecuado para aplicaciones en industrias donde se requiere higiene y limpieza, como es la industria de embotellado.

Cada material fue seleccionado en función de las condiciones en que van a operar las pasarelas, eligiendo acero al carbono en la zona de los tanques de ACPM y el acero inoxidable en la zona de la pasarela de conexión entre las zonas de embotellado.

Project management en ingeniería

El project management en el campo de la ingeniería significa el planificar, organizar y controlar recursos para conseguir objetivos técnicos cumpliendo el tiempo y coste planificado. Para el PMBOK (Project Management Body of Knowledge), el project management es planificar, seguir, realizar y cerrar (Project Management Institute., 2017).

Procesos clave de fabricación de módulos

1. Valoración de criterios de diseño: se evalúan las áreas de instalación de las pasarelas y se confecciona un plano con las medidas necesarias cumpliendo con los requerimientos y las especificaciones del cliente.

2. Diseño de elección del material: se diseña y aborda el análisis de esfuerzos conforme a normativa y adicionalmente se realiza el cálculo de materiales.

3. Inspección y control de calidad: se comprueba el paso a paso durante la fabricación y producción de pasarelas respetando que la soldadura cumpla con la norma.

4. Aplicación de acabados y tratamientos anticorrosivos: se realizan los detalles y acabados generales de los módulos que los preparan para la instalación para el módulo en acero al carbono (HR) dado que la ubicación será al exterior.

Montaje de obra

- Transporte y ensamblaje de las piezas modulares: Se transportan las pasarelas a Central Cervecera.
- Se fija la estructura con anclajes y elementos de fijación.
- Inspección final y pruebas de carga para validarla.

Metalmecánica y montaje industrial

La metalmecánica consiste en la transformación del metal para construir estructuras o componentes funcionales. Dentro de este proyecto, el proceso de metalmecánica es corte, soldadura, taladrar, tratamiento de planchas (doblez), montaje de componentes en acero al carbono y acero inoxidable. El montaje industrial tiene como ámbito de actuación el proveer la oportuna instalación de las pasarelas que intervienen en la instalación con una mínima afectación de las operaciones de planta, de acuerdo con las normativas y declaración del cliente.

Soldaduras utilizadas en las estructuras metálicas

Para la construcción de estructuras metálicas (puentes modulares), se emplean diferentes tipos de soldaduras elegido en relación al tipo de material, al grosor, a las condiciones de trabajo y a las normativas que son de aplicación. A continuación, se ofrecen los tipos de soldadura españoles más utilizados (American Welding Society., 2015).

Soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding) - Soldadura por electrodo revestido

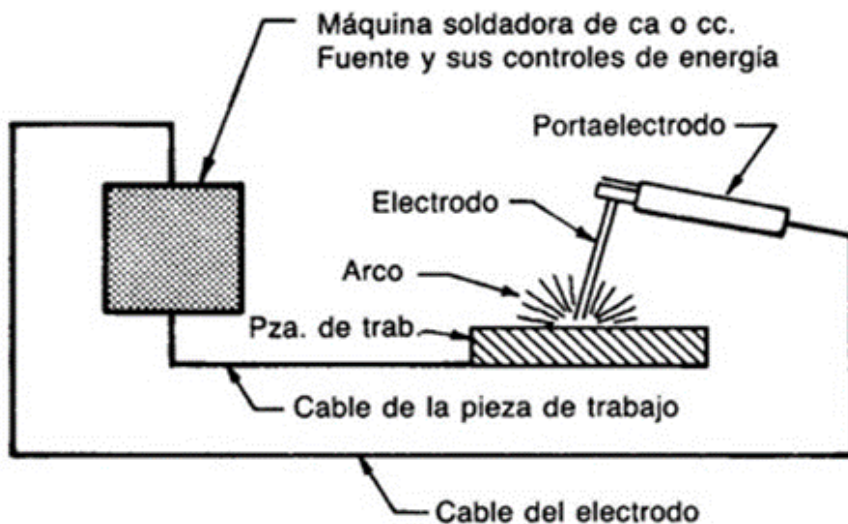
El tipo de soldadura SMAW es uno de los más utilizados en campos exteriores, ya que se basa en el desarrollo de un arco de soldadura entre un electrodo revestido y la parte a soldar.

(Ver Figura 2).

Entre las ventajas de este tipo de soldadura se encuentran: que es económica, portátil y versátil, lo que es ideal para trabajos en exterior o en condiciones difíciles.

Figura 2

Soldadura SMAW



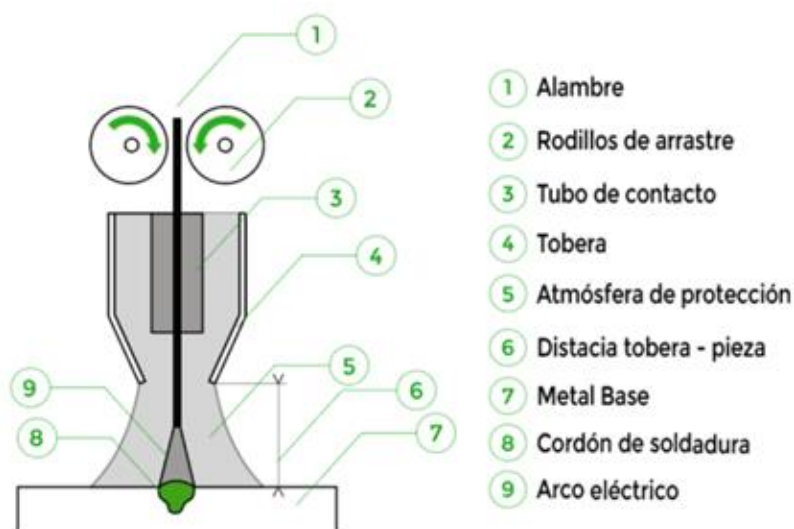
Nota. Adaptado de Soldamundo Perú, 2023. <https://soldamundoperu.com/soldadura-smaw-electrodo-revestido/>.

Soldadura MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas)

Se emplea un gas protector (inerte o activo) y un hilo continuo como electrodo. (Ver Figura 3). Como ventajas se puede considerar: alta velocidad de deposición, soldaduras limpias y continuas. Es habitual su uso en la fabricación de estructuras de acero al carbono y acero inoxidable.

Figura 3

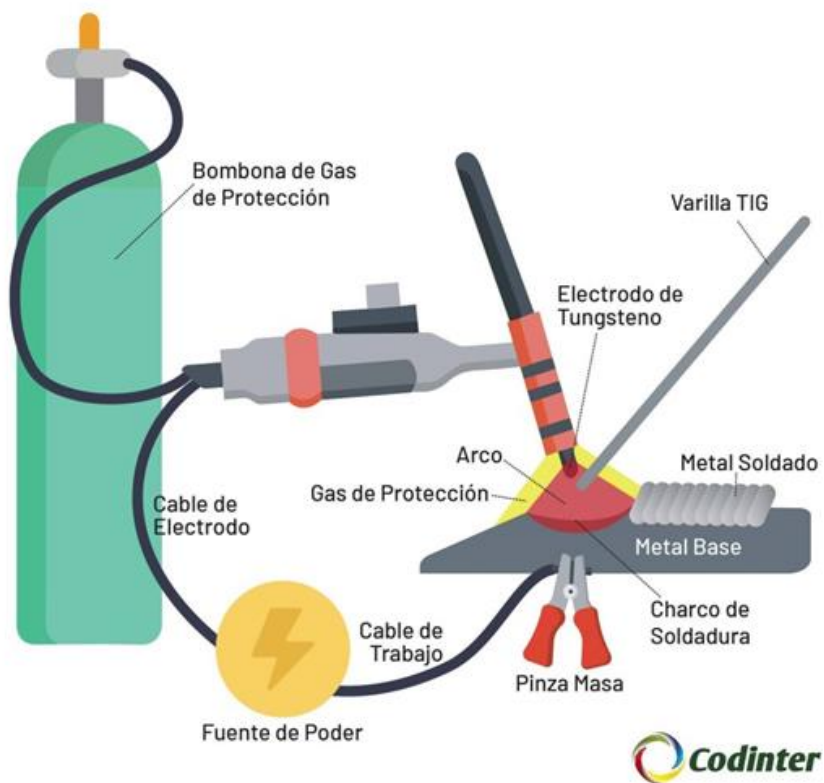
Soldadura MIG/MAG



Nota. Adaptado de RMB, 2021. <https://rmb.com.ar/web/descripcion-del-proceso-mig-mag>.

Soldadura TIG (Tungsten Inert Gas)

Se basa en un electrodo de tungsteno no consumible y gas inerte (generalmente argón). (Ver Figura 4). Las ventajas son: acabados de gran calidad y mayor control sobre el cordón mencionado con anterioridad. Se utiliza cuando se sueldan materiales delgados o cuando se requiere una soldadura estética, como en el caso del acero inoxidable.

Figura 4*Soldadura TIG*

Nota. Adaptado de Codinter, 2023. <https://www.codinter.com/es/soldadura-tig-vs-mig-cual-usar-en-cada-caso>.

Metodología

Fase de análisis y diagnóstico

Se trasladaron las necesidades específicas en materia de seguridad y accesibilidad para las áreas de intervención (tanque de ACPM y zona de embotellado) mediante visitas técnicas, toma de medidas, levantamiento de planos, revisión de los requerimientos de cliente, etc. Todo ello permitió determinar las condiciones de diseño, carga, elección de materiales y restricciones geométricas del entorno.

Identificación del problema

- Evaluación de los puntos de ubicación de las pasarelas.
- Necesidades del cliente: especificaciones de altura de los pasamanos; dimensiones de rodapié; altura de los pasos; normativa de diseño, etc.

Recolección de información

- Inspección del área de la instalación.
- Recolección de datos estructurales (mediciones).
- Evaluación de las cargas a las que se someterán; condiciones del medio.

Fase de diseño y cálculo estructural

Se lleva a cabo un diseño específico de las pasarelas a partir de la información recogida (condiciones de carga, escalas del material).

Diseño conceptual y realización de modelos 3D

- Desarrollo de un modelo en CAD que permita hacerse una idea del diseño y realizar el oportuno ajuste.
- Selección de los materiales empleando acero al carbono (HR) o acero inoxidable (Inox) en función de la aplicación y el uso.

Cálculo estructural y cálculo de cargas

- Carga máxima: 1 ton.
- Factor de seguridad: 3
- Análisis de los esfuerzos, de las deformaciones y de la estabilidad a partir de un programa de cálculo estructural.

Fase de planificación y fabricación

Fase en la que se planeó el proceso de fabricación con el fin de aumentar efectividad en el tiempo y el costo.

Planificación de la fabricación, el montaje

- Determinación de la planificación del trabajo con tiempos de producción y de montaje.
- Coordinación de los recursos y de los materiales para evitar paradas en el trabajo.

Fabricación de las pasarelas

- Corte y preparación del material según planos estructurales.
- Soldadura con certificación AWS D1.1.
- Controles de calidad de uniones y acabados.
- Procesos de anticorrosión y acabados en relación a la tipología de los aceros.

Montaje e instalación

Una vez estaban acabadas las pasarelas se procedió a la etapa de instalación en la posición final.

Transporte y ensamblaje

- Transporte de las estructuras modulares al lugar de instalación Central Cervecera.
- El ensamblaje, unirse mediante anclajes, de una fabricación resistente.

Inspección final y pruebas de carga

- Verificar que la estructura quedaba correctamente instalada y alineada.
- Prueba de carga para la adecuación en condiciones reales de funcionamiento.

Etapa de evaluación y documentación

Por último, se evaluaron los resultados y se documentó el proceso en aras de futuras ocasiones.

Evaluación de los resultados

- Comparación entre los diseños teóricos y su comportamiento real de las pasarelas.
- Identificación de oportunidades para mejoras del proceso.

Elaboración de la documentación técnica

- Planos finales y documentación fotográfica de la instalación.
- Informe técnico con análisis carga y factor de seguridad.
- Recomendaciones sobre el mantenimiento y puestas en marcha.

Resultados

Fase de análisis y diagnóstico

Se identificaron las necesidades específicas de accesibilidad y seguridad en las áreas de intervención (tanques de ACPM y zona de embotellado), mediante visitas técnicas, toma de medidas, levantamiento de planos, y revisión de requerimientos del cliente. Esta fase permitió definir las condiciones de diseño, carga además de la elección de materiales adecuados y restricciones geométricas del entorno.

Identificación del problema

Los principales problemas son la falta de acceso al área de Tanques de ACPM y embotellado

Levantamiento de información

- Inspección del área de instalación.
- Recolección de datos estructurales y medición de dimensiones.
- Evaluación de cargas esperadas y condiciones ambientales.

Fase de diseño y cálculo estructural

Con base en la información recopilada, se desarrolló el diseño estructural de las pasarelas considerando factores de seguridad y optimización de materiales.

Diseño conceptual y modelado 3D

- Desarrollo de modelos en software CAD para la visualización y validación de diseño.
- Selección de materiales: acero al carbono (HR) e inoxidable (Inox) según su aplicación.

Cálculo estructural y análisis de cargas

- Carga máxima: 1 tonelada.

- Factor de seguridad: 3.
- Evaluación de esfuerzos, deformaciones y estabilidad con software de análisis estructural.

Fase de planificación y fabricación

En esta etapa se planificó el proceso de producción para garantizar eficiencia en tiempos y costos.

Planificación de fabricación y montaje

- Definición del cronograma de trabajo con tiempos de producción y ensamblaje.
- Coordinación de recursos y materiales para evitar retrasos.

Fabricación de las pasarelas

- Corte y preparación del material de acuerdo con los planos estructurales.
- Soldadura certificada conforme a AWS D1.1.
- Controles de calidad en uniones y acabados.
- Tratamientos anticorrosivos y acabados según el tipo de acero.

Fase de montaje e instalación

Tras la fabricación, se procedió a la instalación de las pasarelas en su ubicación final.

Transporte y ensamblaje

- Traslado de las estructuras modulares al sitio de instalación Central Cervecera.
- Ensamblaje y fijación con anclajes resistentes.

Inspección final y pruebas de carga

- Verificación de la correcta instalación y alineación estructural.
- Prueba de carga para validar la resistencia bajo condiciones reales de operación.

Fase de evaluación y documentación

Finalmente, se realizó un análisis de los resultados obtenidos y se documentó el proceso para futuras referencias.

Evaluación de resultados

- Comparación entre los diseños teóricos y el desempeño real de las pasarelas.
- Identificación de oportunidades de mejora en el proceso.

Entrega de documentación técnica

- Planos finales y registros fotográficos del montaje.
- Informe técnico con análisis de carga y factor de seguridad.
- Recomendaciones para mantenimiento y futuras implementaciones.

Resultados obtenidos

Diseño y análisis estructural

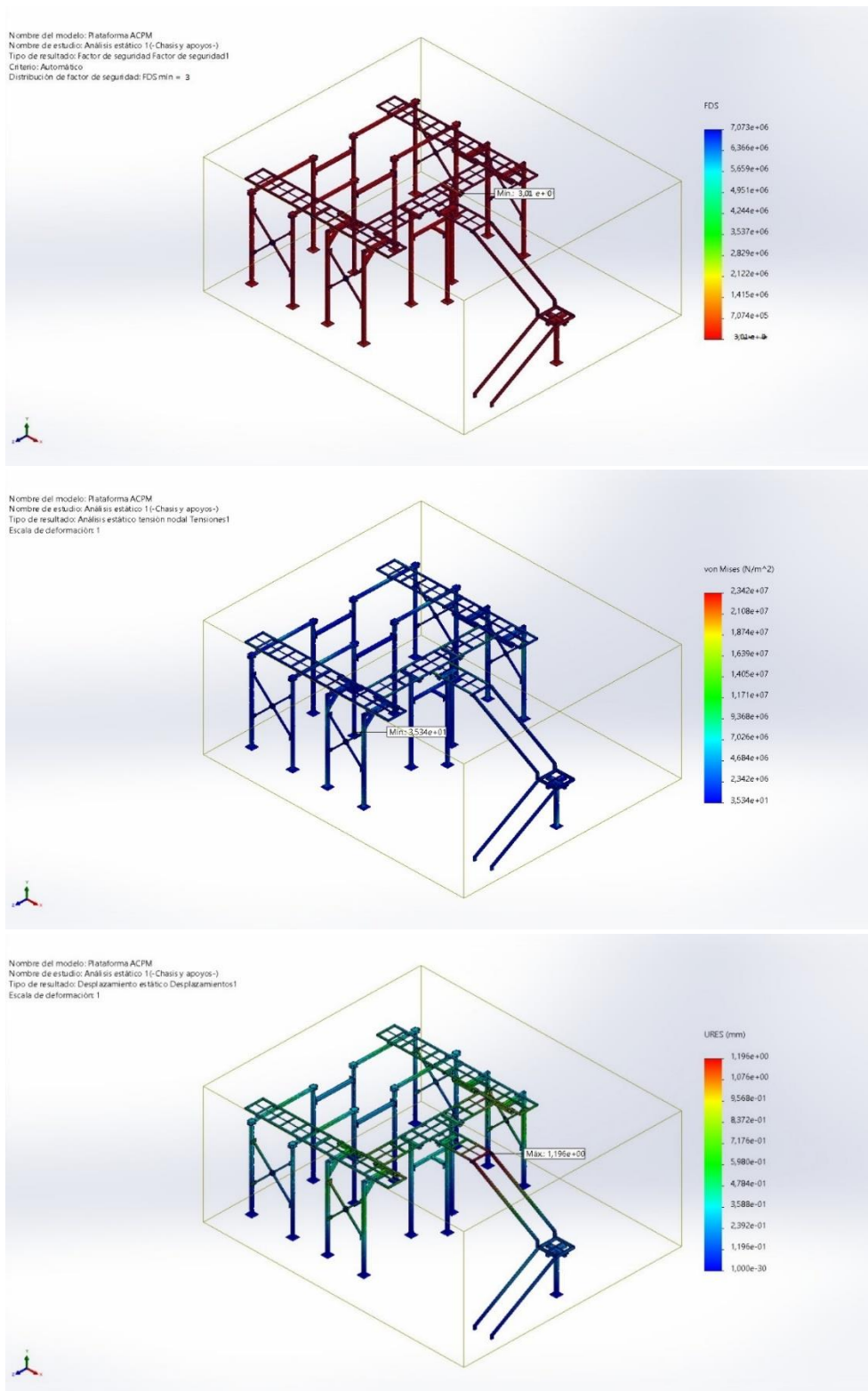
- Se diseñaron dos pasarelas modulares:
- Acero al carbono (HR): para acceso a tanques de ACPM y sus válvulas.
- Acero inoxidable (Inox): para conexión entre áreas de embotellado.

Se realizó un análisis de cargas considerando una carga máxima de 1 tonelada, obteniendo un factor de seguridad de 3, lo que garantiza la estabilidad de la estructura ante posibles sobrecargas.

Se utilizaron las normativas AWS D1.1 y NSR 10, asegurando calidad en soldadura y resistencia estructural.

Figura 6

Resultados de análisis de esfuerzos. Plataforma ACPM



Optimización de fabricación y montaje

Se logró una reducción en los tiempos de fabricación mediante la planificación detallada de procesos de corte, soldadura y ensamblaje.

El uso de componentes modulares facilitó el transporte y montaje en obra, optimizando tiempos de instalación y reduciendo costos operativos.

Se implementaron procesos de inspección de soldaduras y ensayos de carga, asegurando la calidad estructural antes de la instalación final.

Figura 7

Fabricación pasarela INOX

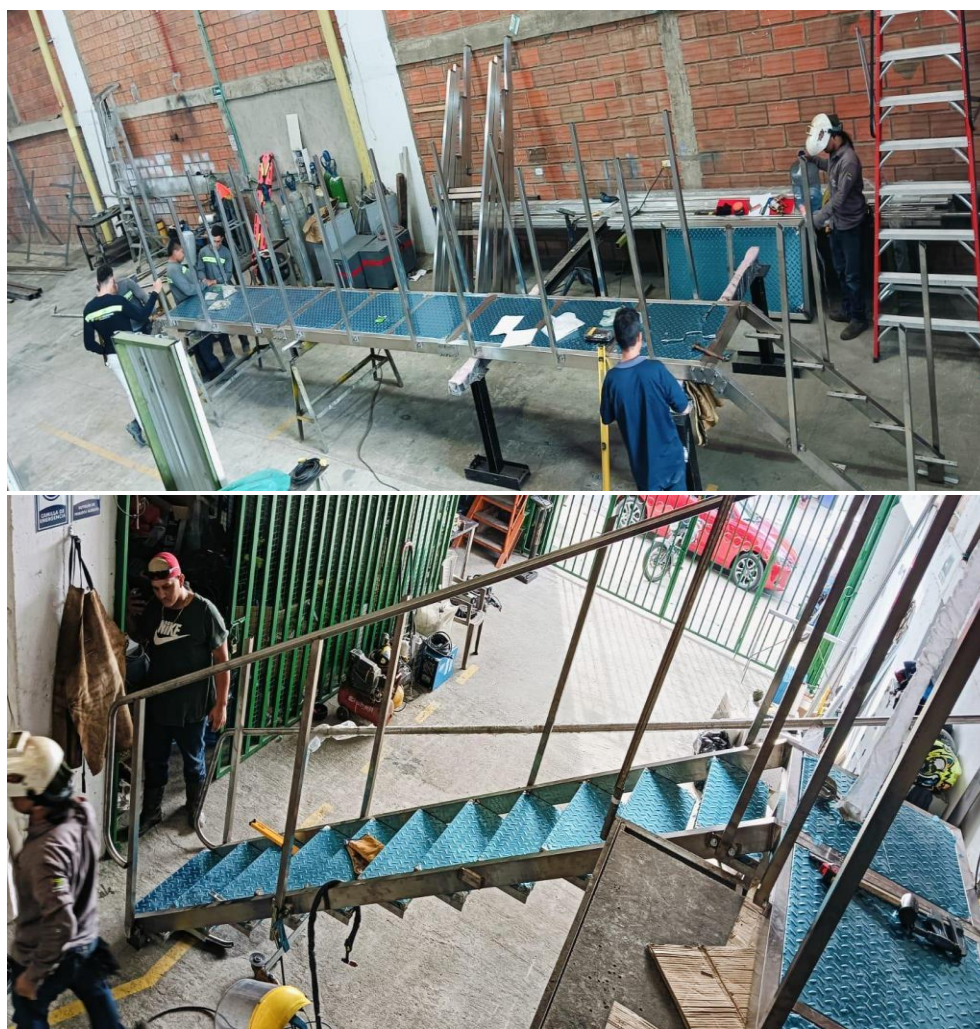


Figura 8

Fabricación pasarela ACPM



Evaluación de instalación y desempeño

Las pasarelas fueron instaladas sin inconvenientes, cumpliendo con las especificaciones de diseño y asegurando un acceso seguro y funcional.

Las pruebas de carga confirmaron la resistencia de la estructura dentro de los márgenes de seguridad establecidos.

Se evidenció una mejora significativa en la accesibilidad y operatividad de las áreas intervenidas.

Figura 9

Montaje pasarela INOX



Figura 10

Montaje pasarela ACPM



Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El proyecto de grado con su desarrollo permitió concluir con el objetivo general el cual era diseñar, planificar y gestionar la fabricación e instalación de pasarelas modulares en la empresa CICOM Ingenieros, garantizando el cumplimiento de normativas técnicas y optimizando los recursos para cumplir con los requerimientos y especificaciones del cliente Central Cervecera para mejorar la accesibilidad y seguridad en entornos industriales.

De este modo, el objetivo específico de analizar los requisamientos del cliente en seguridad y aplicación, se concreta una altura de 130 cm para pasamanos, de acuerdo con la normativa NTC 4201 y 4145, las cuales establecen una medida de altura mínima de 100 cm. Así mismo, la altura de pasamanos de máximo 20 cm entre escalones y un ancho de 30 cm como mínimo, el rodapié con una altura mínima de 10 cm.

Así mismo, el proyecto se finaliza en un tiempo de los 4 meses establecidos, en realizar el diseño técnico y estructural de las pasarelas en acero al carbono (HR) e inoxidable (INOX), aplicando análisis de cargas y factores de seguridad conforme a las normas AWS D1.1 y NSR 10. ((AIS)., 2010), (American Welding Society., 2015). Esto llevando el proyecto inicialmente en un boceto para cálculo de materiales necesarios con un 10% de solicitud de material mientras se termina el diseño con especificaciones de dimensiones, modulación, ensamble y planos técnicos para fabricación con detalles como soldadura entre componentes. Como se muestran en los anexos. Luego se proceda a realizar la fabricación por módulos e ir realizando el montaje de la estructura. Esto optimizando tiempos, materiales y los recursos solicitados.

En las pasarelas exteriores de tanques de ACPM, se elige el material de acero al carbono (HR A.36), Por costos que es una las principales variables para consolidar el proyecto, Es de

tener en cuenta que toda estructura debe tener su proyección de material, en este caso se realiza un recubrimiento pintura electrostática con anticorrosivo. El material acero inoxidable para conexión entre áreas de embotellado.

En solicitud de materiales es primordial medir su cantidad específica ya que si se pasa se generan costos adicionales y pérdidas y si se piden menos se pierde tiempo para fabricación.

Se realizó un análisis de cargas considerando una carga máxima de 1 tonelada, obteniendo un factor de seguridad de 3, lo que garantiza la estabilidad de la estructura ante posibles sobrecargas.

Se utilizaron las normativas AWS D1.1 y NSR 10, asegurando calidad en soldadura y resistencia estructural.

Optimización de fabricación y montaje

- La especificación concreta de los procesos de corte, soldadura y montaje se traduce en una disminución de los tiempos de fabricación.
- La modularización de los elementos de construcción, que favorecía el transporte y el montaje en la obra, permitió una disminución en los tiempos de instalación y en los costos del montaje.
- Los procesos de separación de soldaduras e inspección de cargas se desarrollaron, asegurando que la calidad estructural es la misma que antes de la instalación final.

Evaluación de la instalación y el comportamiento

Las pasarelas se comprobaron correctamente instaladas y conforme al diseño, asegurando un acceso seguro y práctico.

Análisis de resultados

Comparativa de estudios previos y norma

La norma AWS D1.1, garantizará la calidad de la soldadura, eludiendo potenciales defectos que puedan poner en riesgo la seguridad de la estructura; por otro lado, la utilización de la NSR 10 permitirá comprobar la estabilidad ante cargas dinámicas asegurando que se puedan usar en entornos industriales las pasarelas.

Consideraciones sobre materiales y durabilidad

La selección de materiales se fundamentó en la utilización particular de cada pasarela:

- Acero al carbono (HR): el que se emplea en áreas que requieren una alta resistencia mecánica.
- Acero inoxidable (Inox): el que se emplea en ambientes donde la corrosión es un aspecto importante.

De esta forma la diferenciación de materiales hace que las pasarelas se maximicen en el tiempo, realizando su función, sin necesitar un mantenimiento fuerte.

Impacto en la seguridad y operatividad

El proyecto permitió mejorar de forma notable la seguridad en las áreas de intervención, proporcionando estructuras seguras para el tránsito de las personas. También la mejora en la accesibilidad a los tanques de ACPM y la conexión de las áreas de embotellado dejaron la operativa de los procesos industriales en óptimas condiciones.

Recomendaciones

Los resultados que se obtienen demuestran que la implementación de pasarelas modulares se convierte en una solución muy adecuada para la accesibilidad en los entornos

industriales, siendo la correcta implementación de las normas, así como la utilización de los materiales adecuados, además de una buena planificación los que han llevado al éxito del trabajo.

Se recomienda seguir utilizando metodologías de optimización de tiempos y control de calidad en otros proyectos que se puedan presentar en el futuro ya que se busca igualmente la seguridad, la eficiencia y la sostenibilidad de las estructuras modulares.

Se sugiere evaluar los resultados obtenidos durante el transcurso del trabajo para dar recomendaciones donde quede el aprendizaje trasladable a otros trabajos.

Referencias

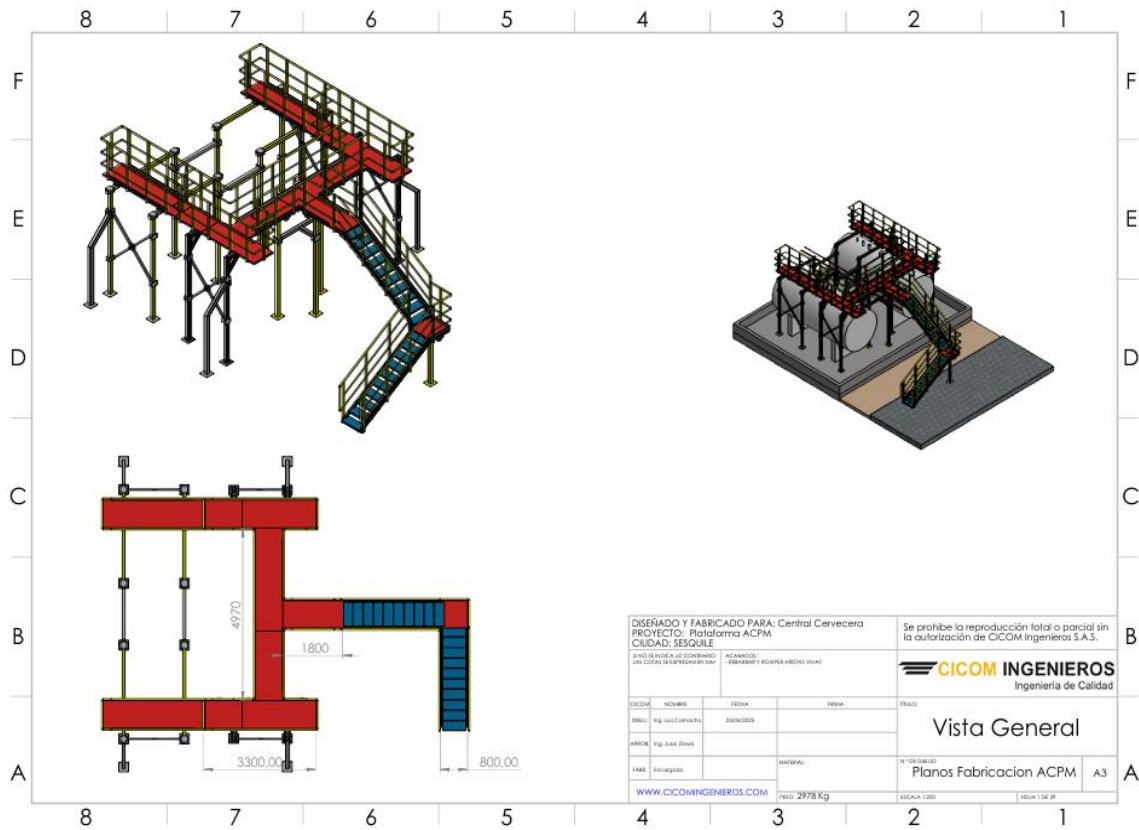
- American Welding Society. (2015). American Welding Society. (2015). AWS D1.1/D1.1M:2015 - Structural Welding Code – Steel. Miami. American Welding Society (AWS).
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). Norma de Construcción Sismo Resistente NSR-10.
<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Enabling and Measuring Innovation in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(10), 880-888. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000345 Kerzner, H. (2017).
- Gambatese, J. A., & Hallowell, M. (2011).
- Last, F. (2024). Modular walkways: safety and efficiency in industrial environments. *Editorial de Ingeniería*.
- Project Management Institute. (2017). Project Management Institute. (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th ed.).
- Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (12th ed.). Wiley. ISBN: 978-1-119-16535-3
- Smith, A. a. (2024). *Advancements in Structural Design in Industrial Manufacturing*.

Apéndices

Plano general de proyecto de tanques ACPM

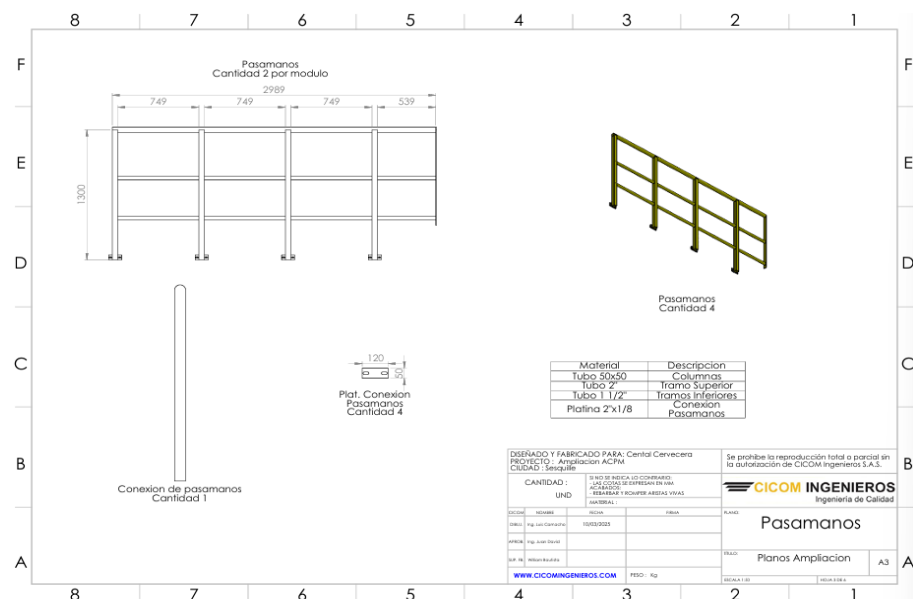
Apéndice A

Vista general de instalación



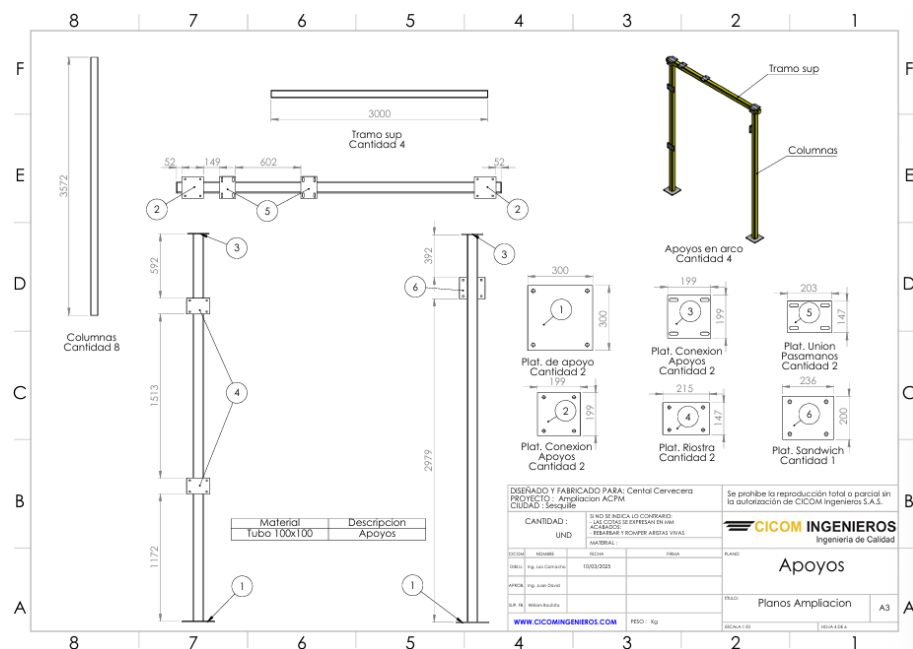
Apéndice D

Plano de pasamanos



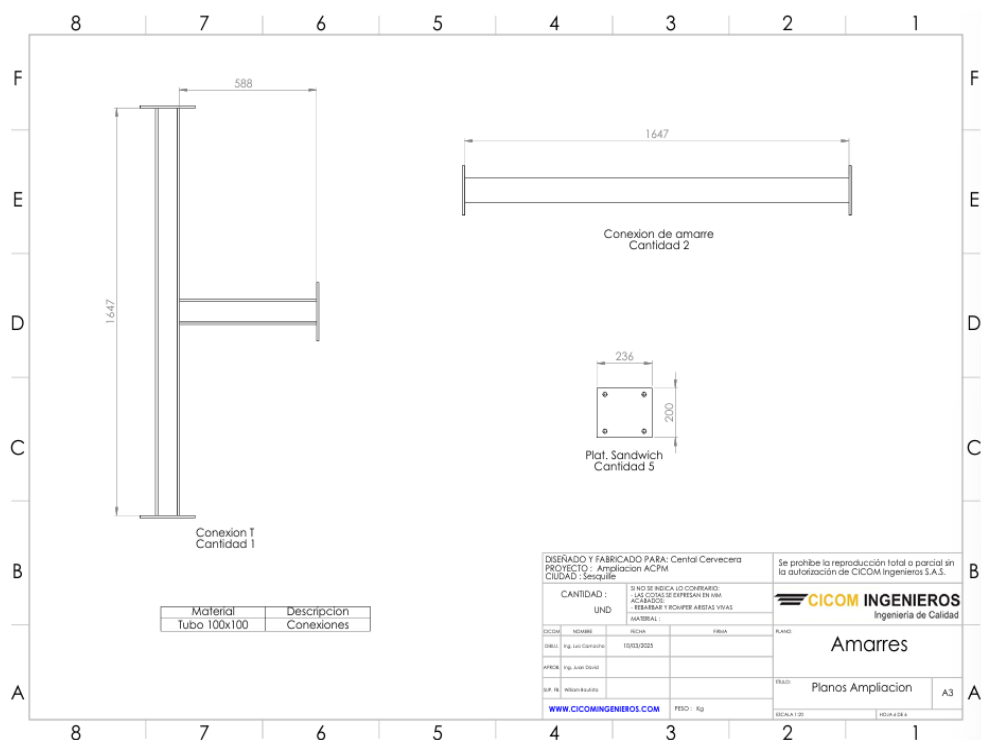
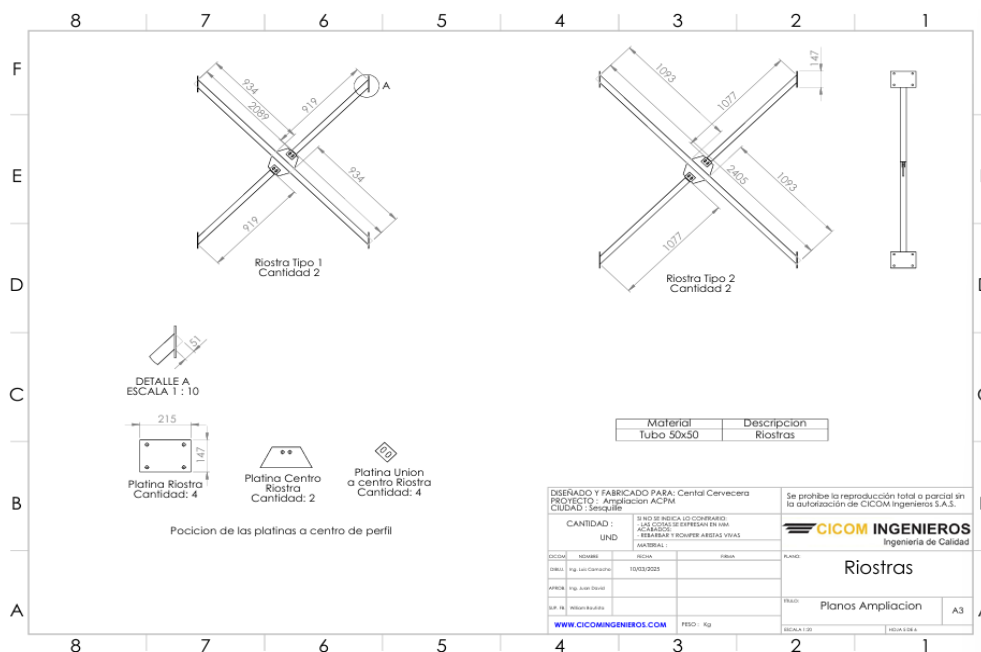
Apéndice E

Plano de apoyos



Apéndice F

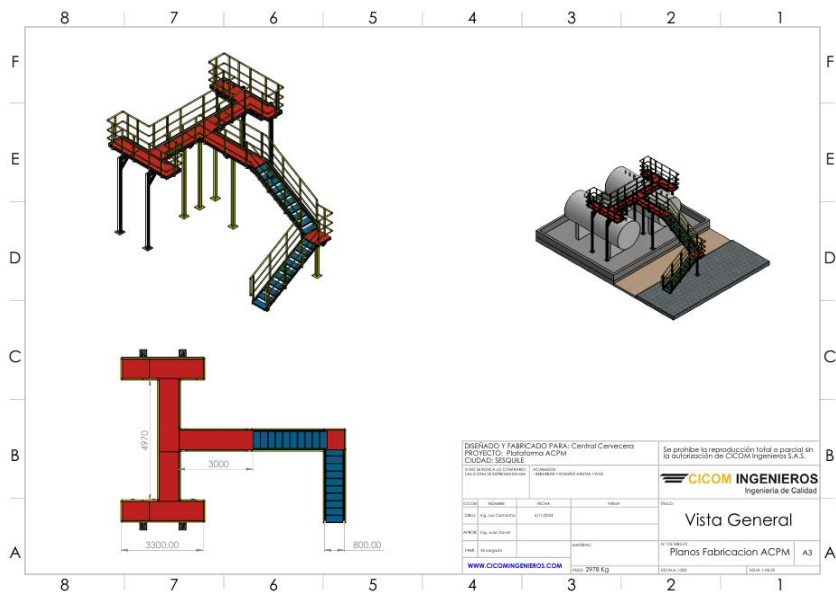
Plano de riostras y amarres



Para planos de fabricación, se muestran los anexos letra G-Q

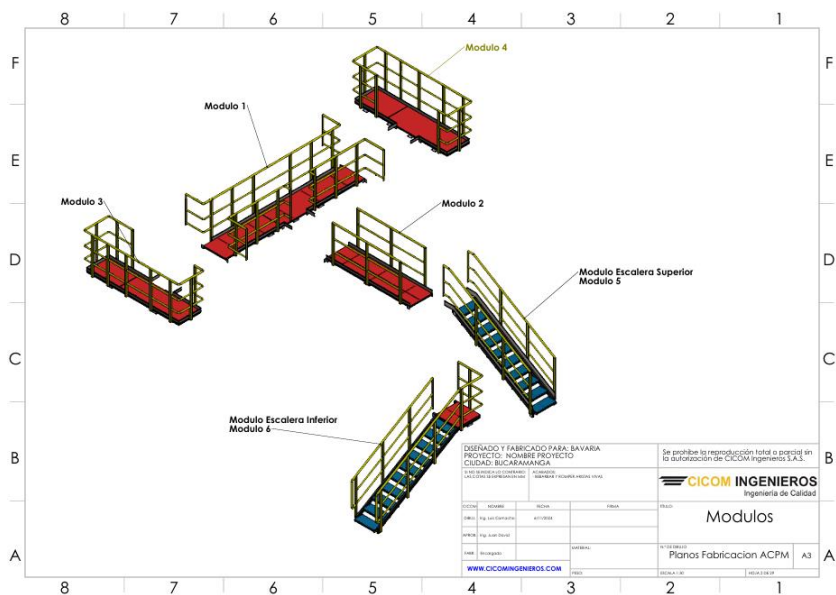
Apéndice G

Plano de fabricación ACPM - Vista general



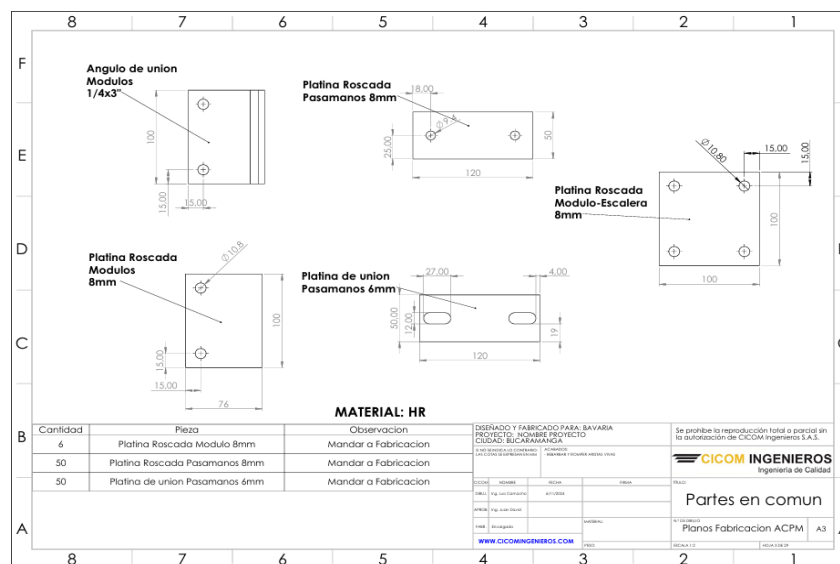
Apéndice H

Planos de módulos



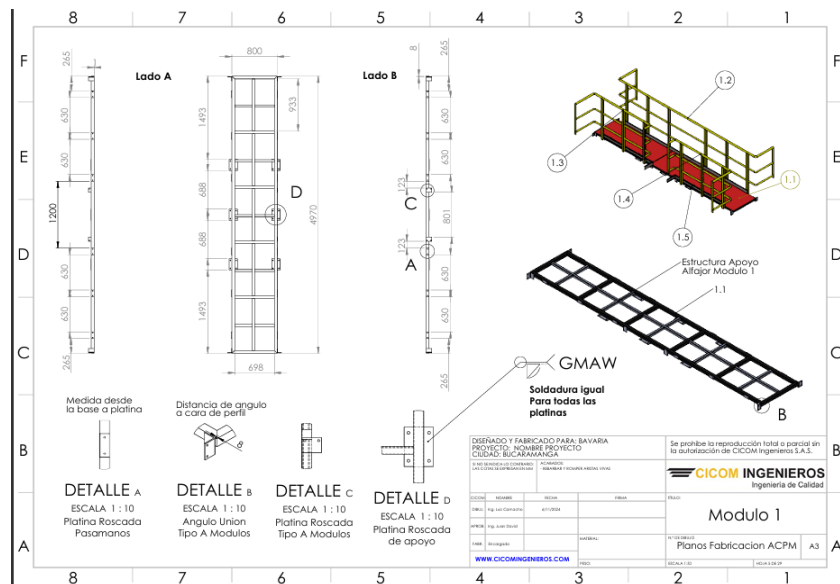
Apéndice I

Plano partes en común



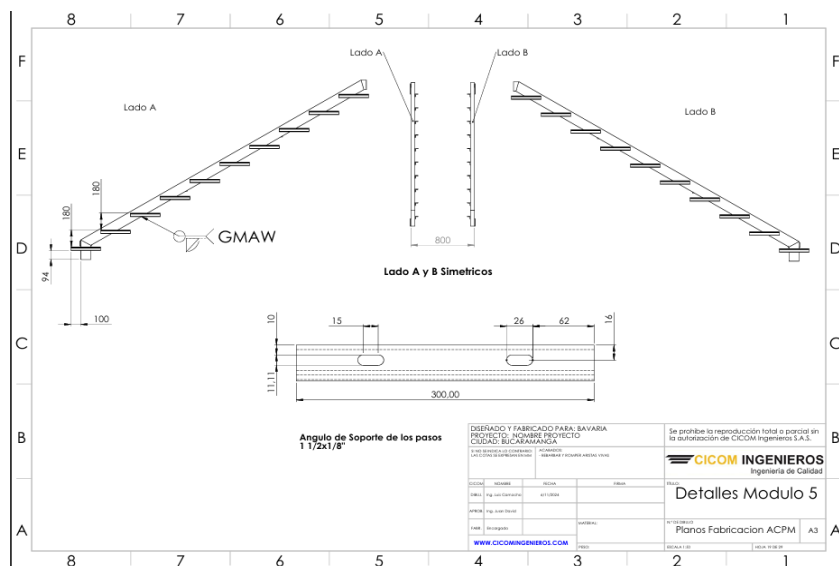
Apéndice J

Planos de modulo 1



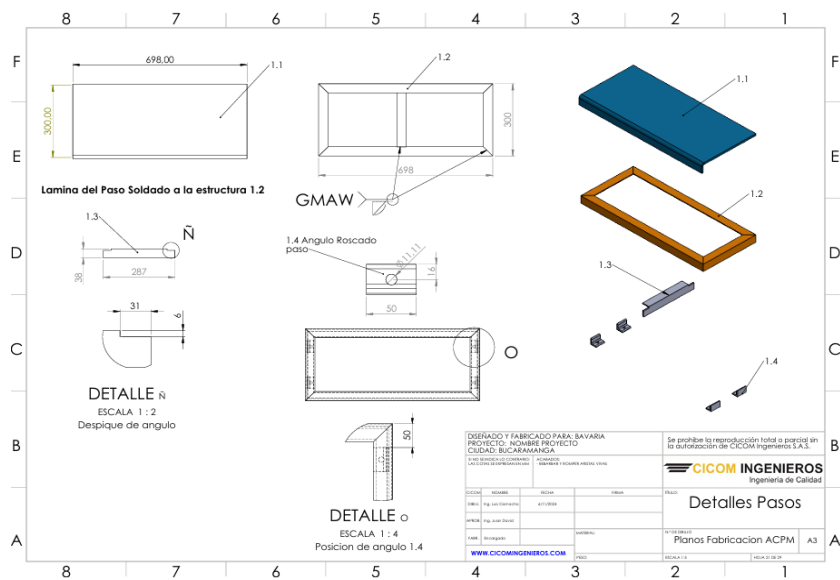
Apéndice M

Detalles de módulo 5 - Escalera



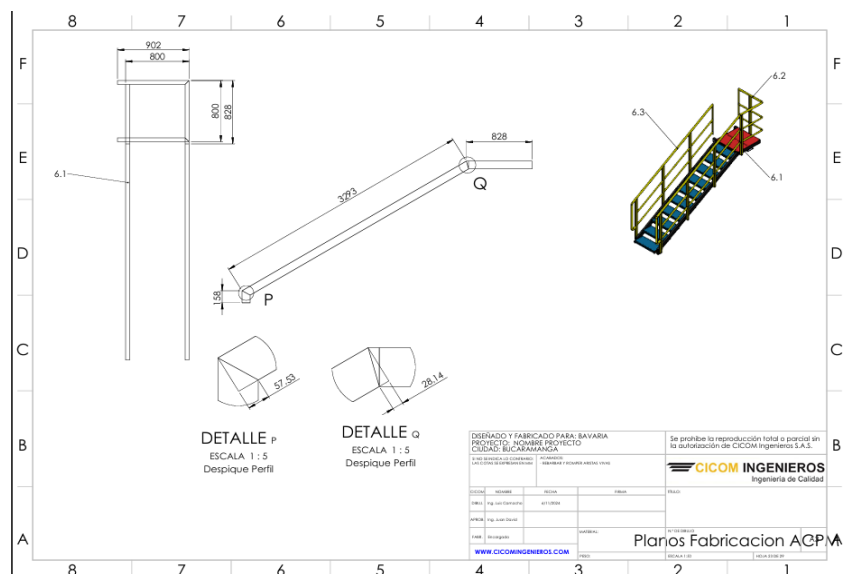
Apéndice N

Detalles de pasos o escalones



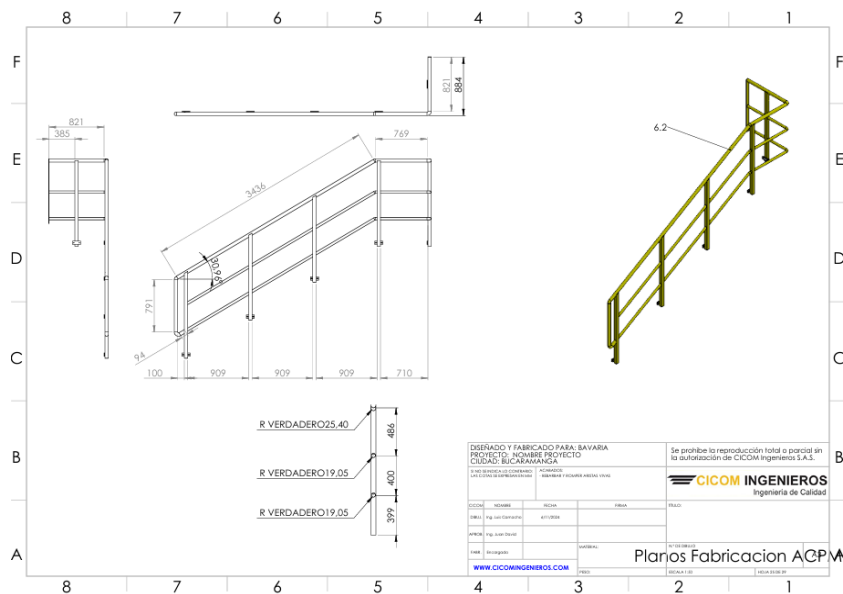
Apéndice O

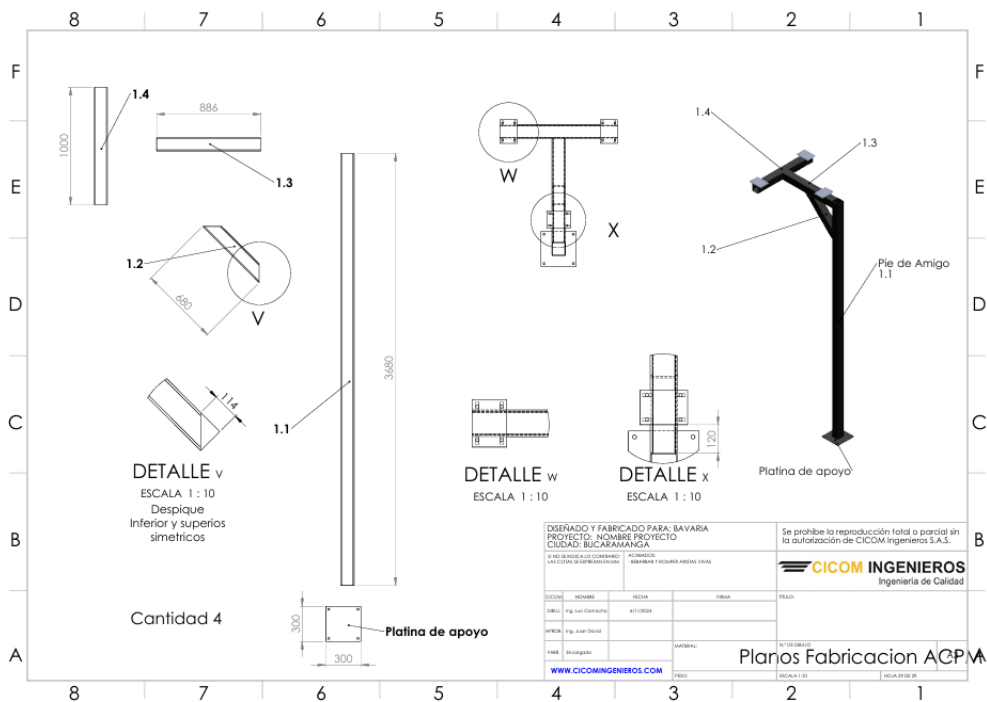
Plano de escalera y detalles



Apéndice P

Planos de pasamanos

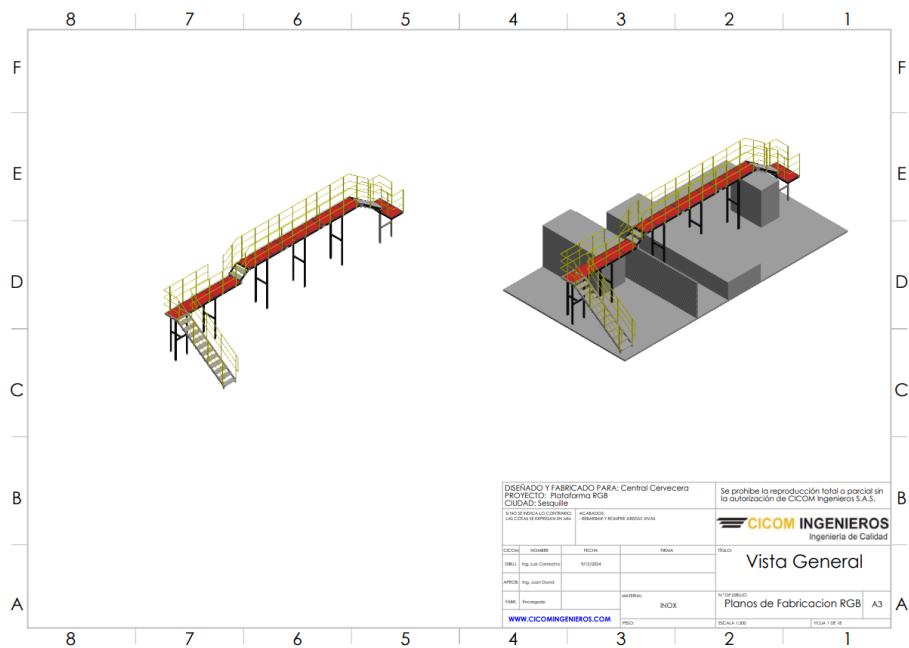




Plano general de proyecto de Plataforma RGB

Apéndice R

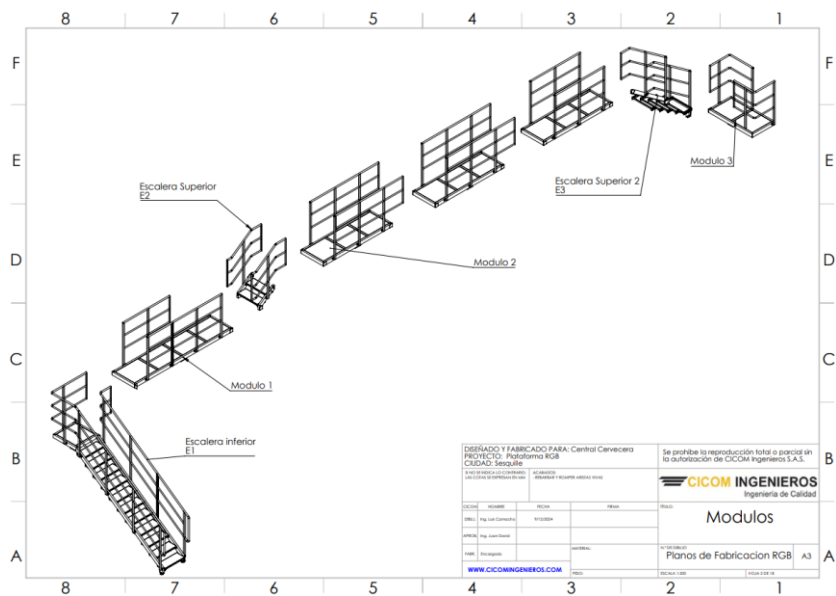
Plano general plataforma RGB



Para planos de fabricación, se muestran los anexos letra S-X

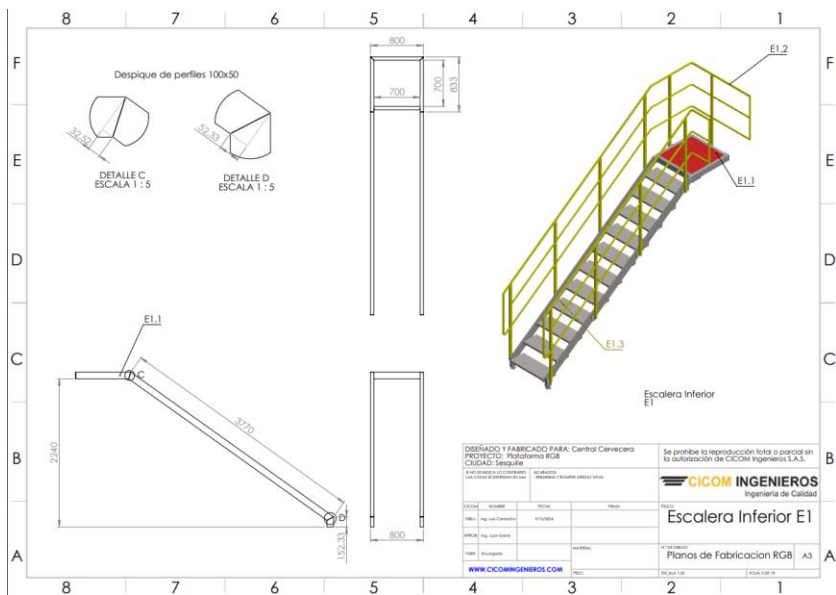
Apéndice S

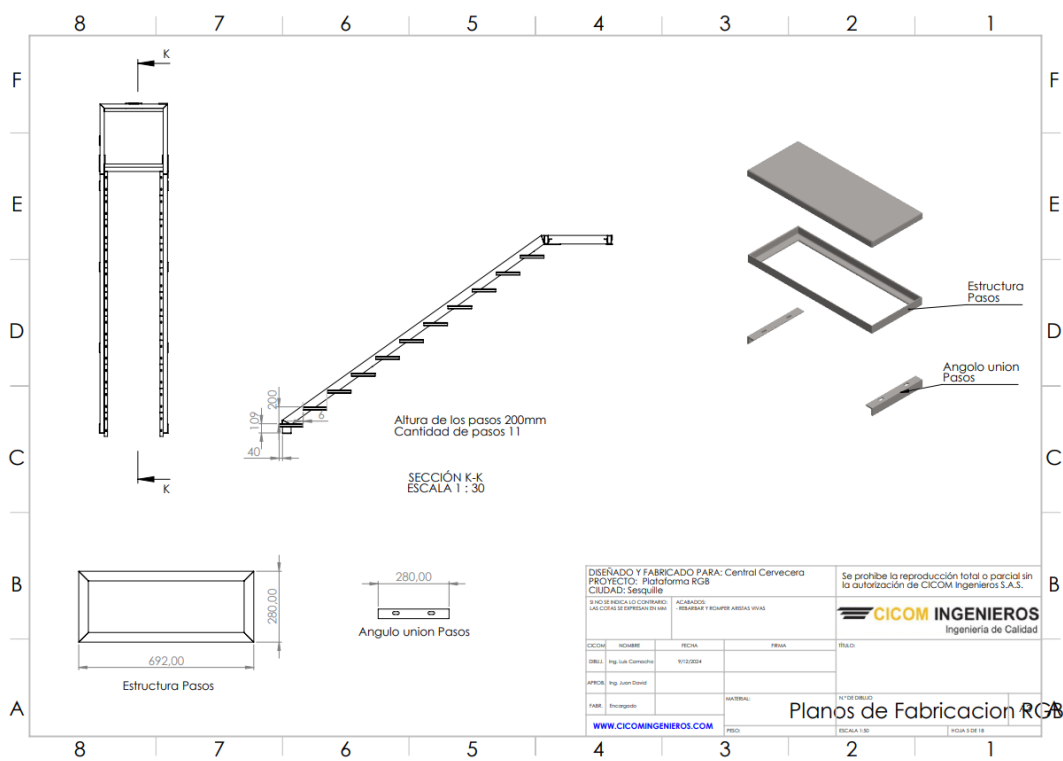
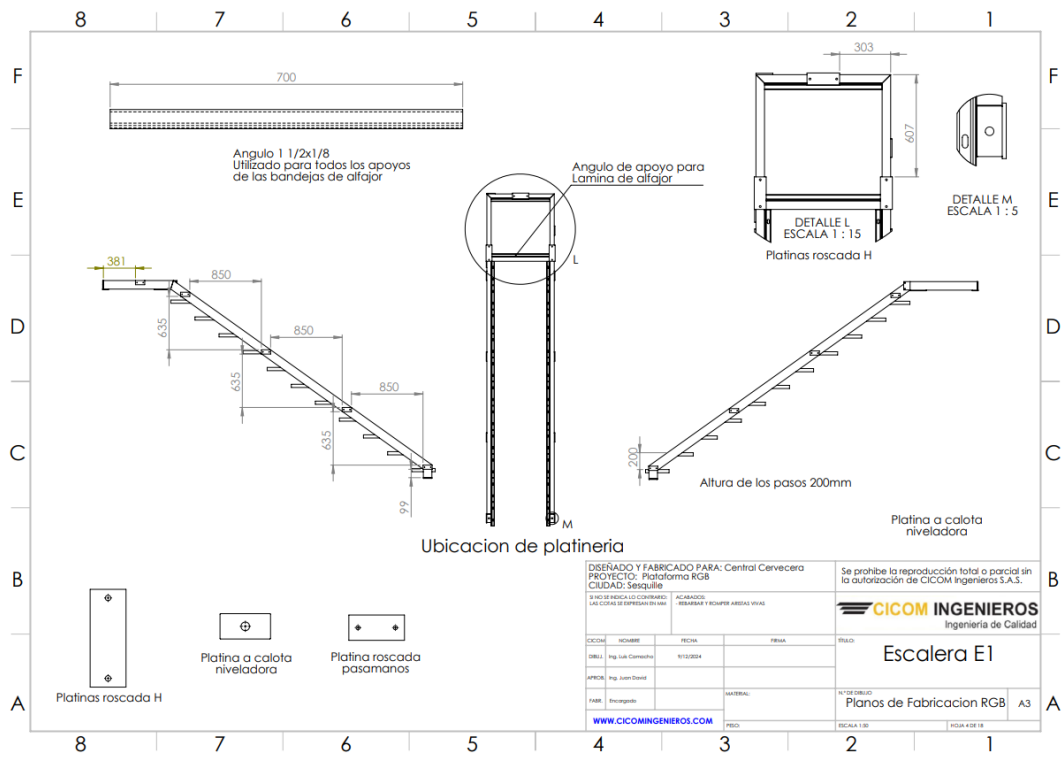
Plano de módulos para plataforma RGB

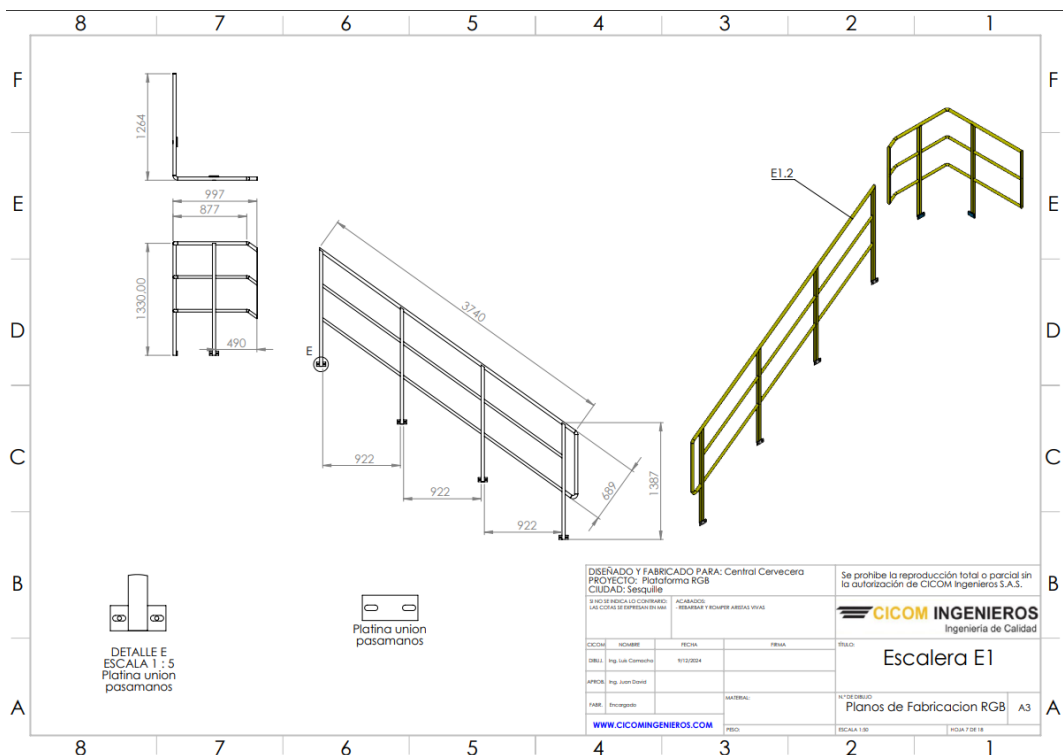
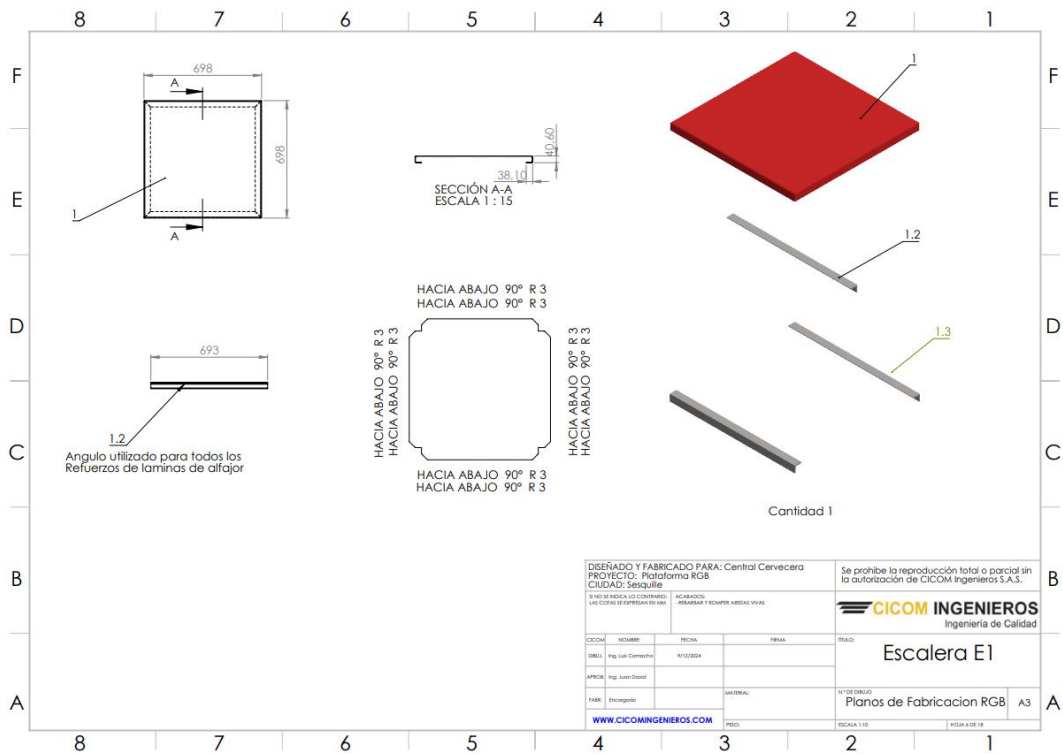


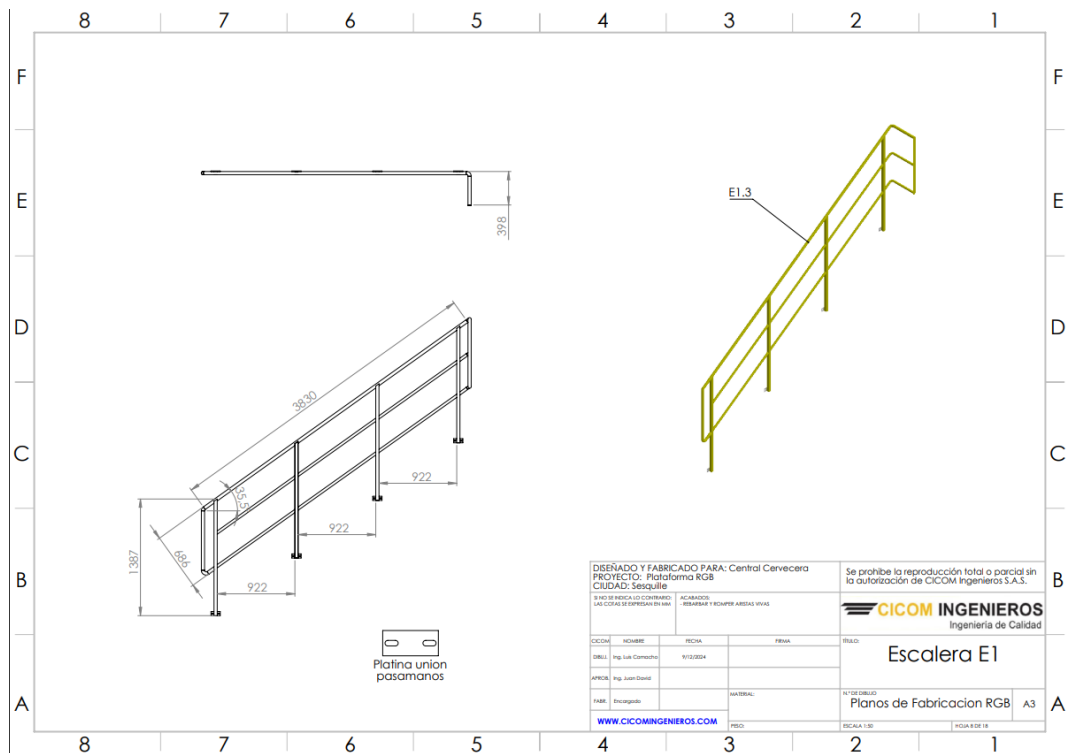
Apéndice T

Plano de fabricación módulo de escalera E1



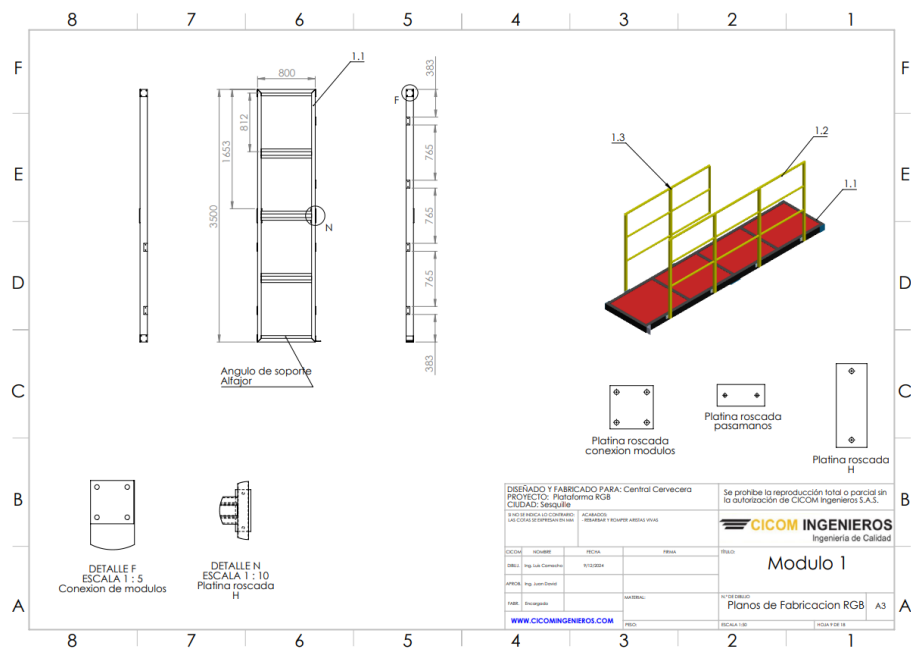


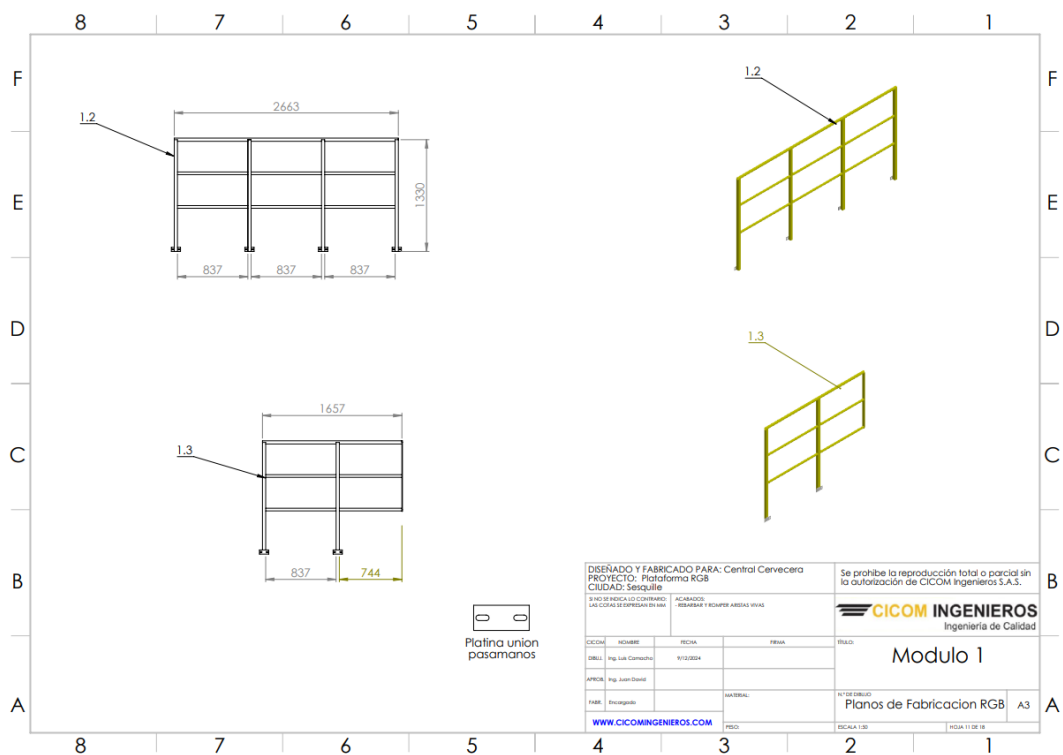
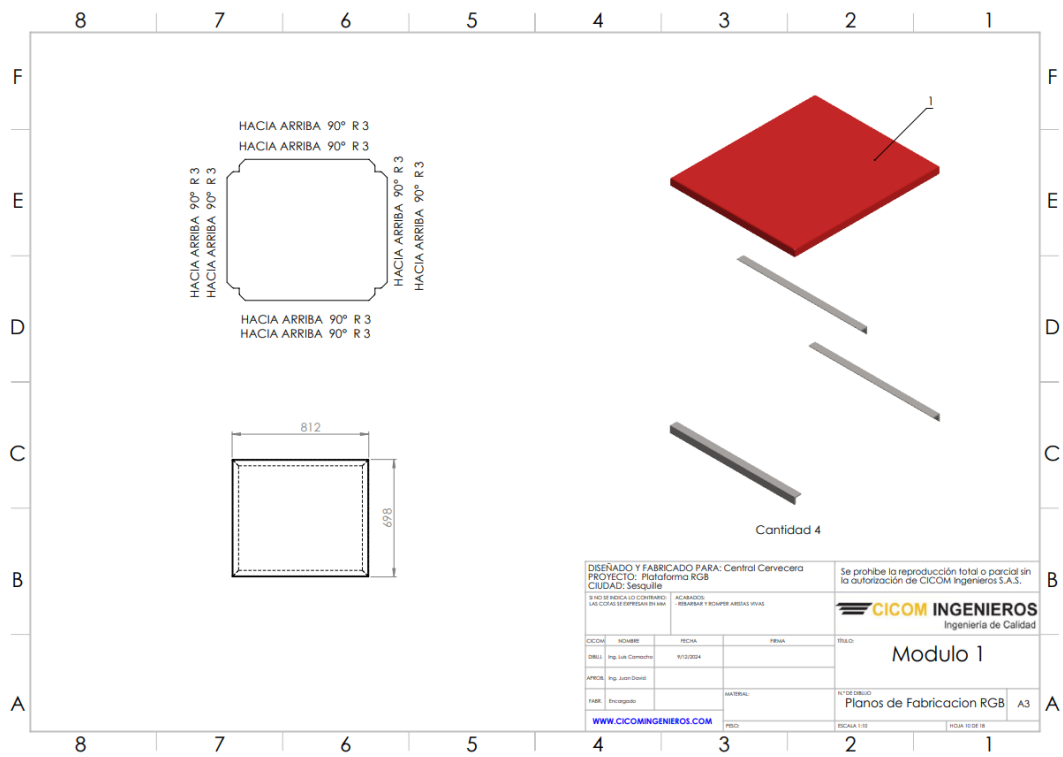




Apéndice U

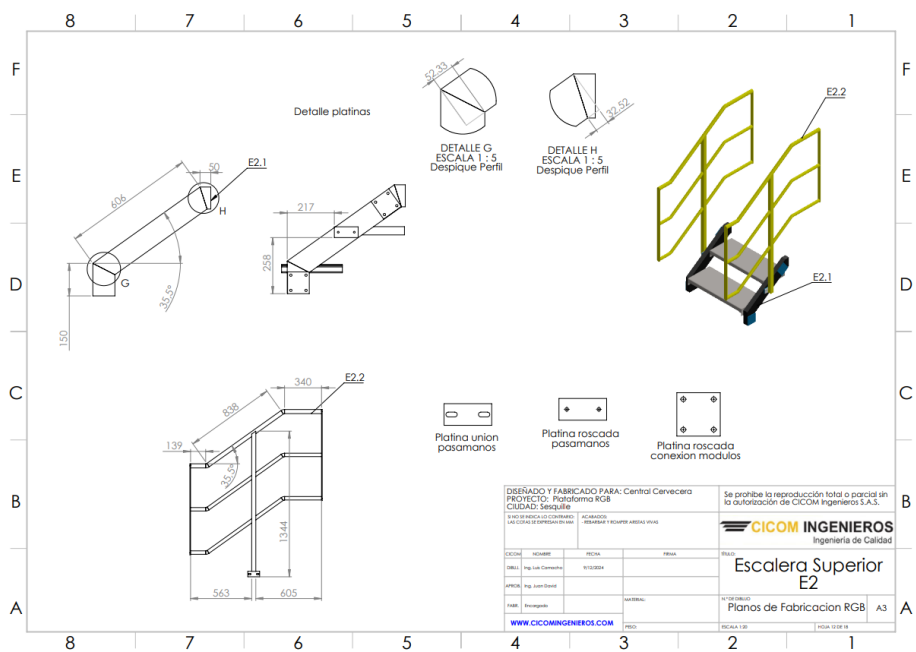
Plano de fabricación modulo 1





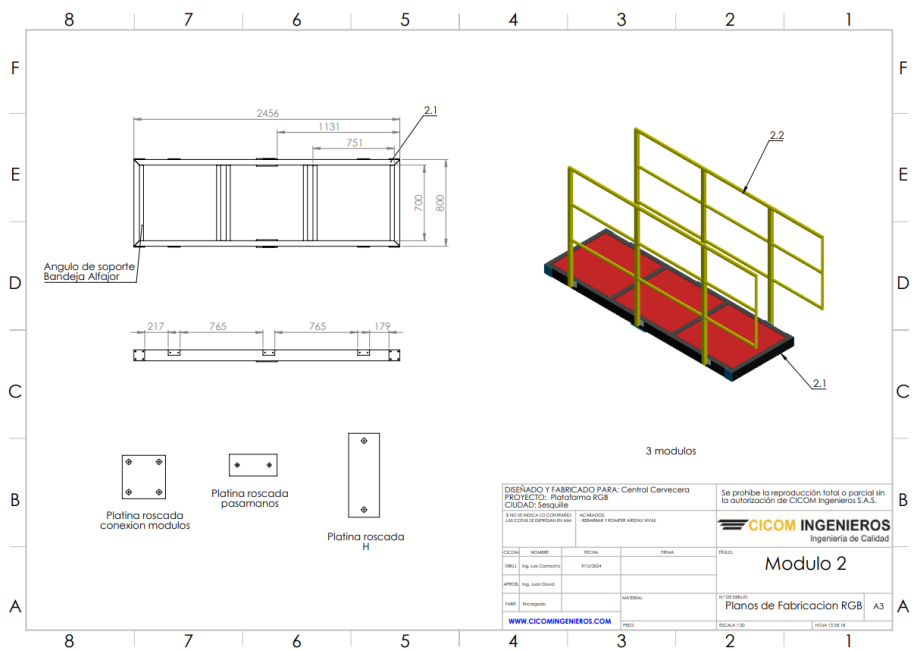
Apéndice V

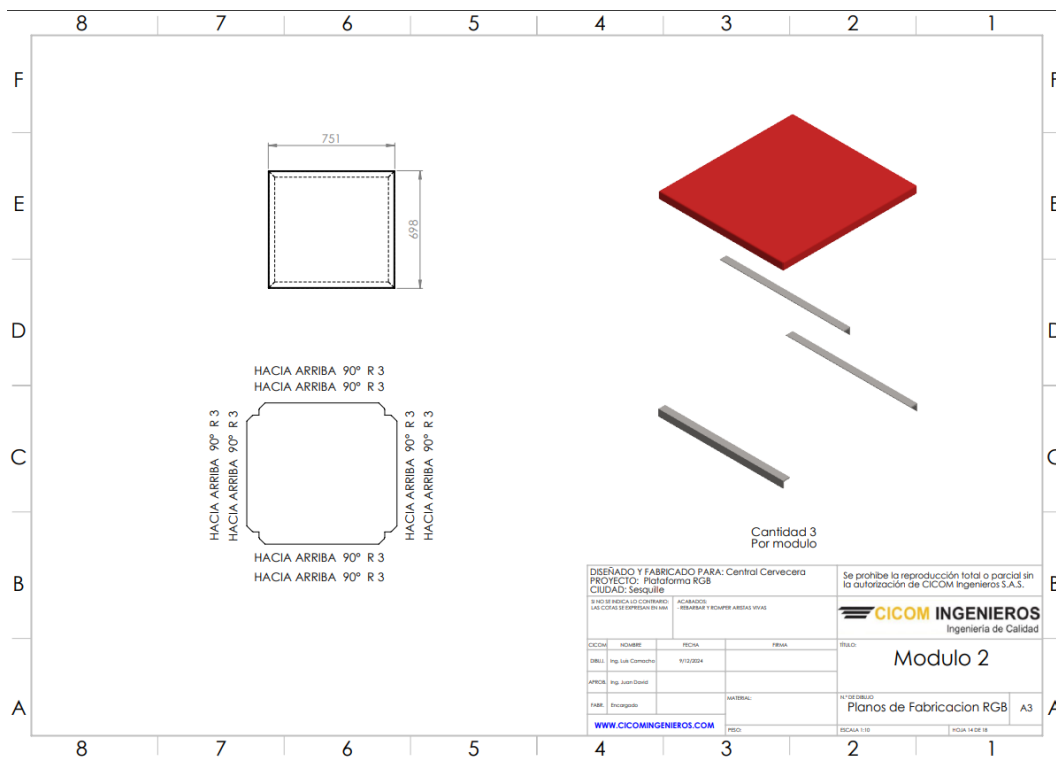
Plano de fabricación Escalera E2



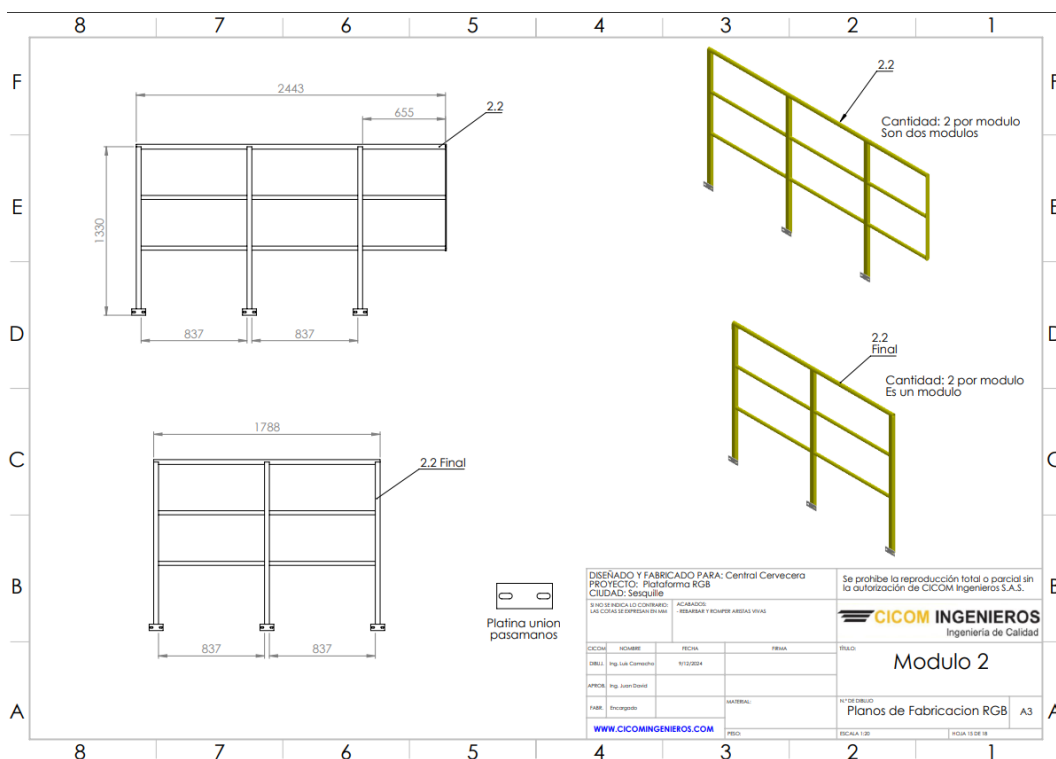
Apéndice W

Plano de fabricación Modulo 2





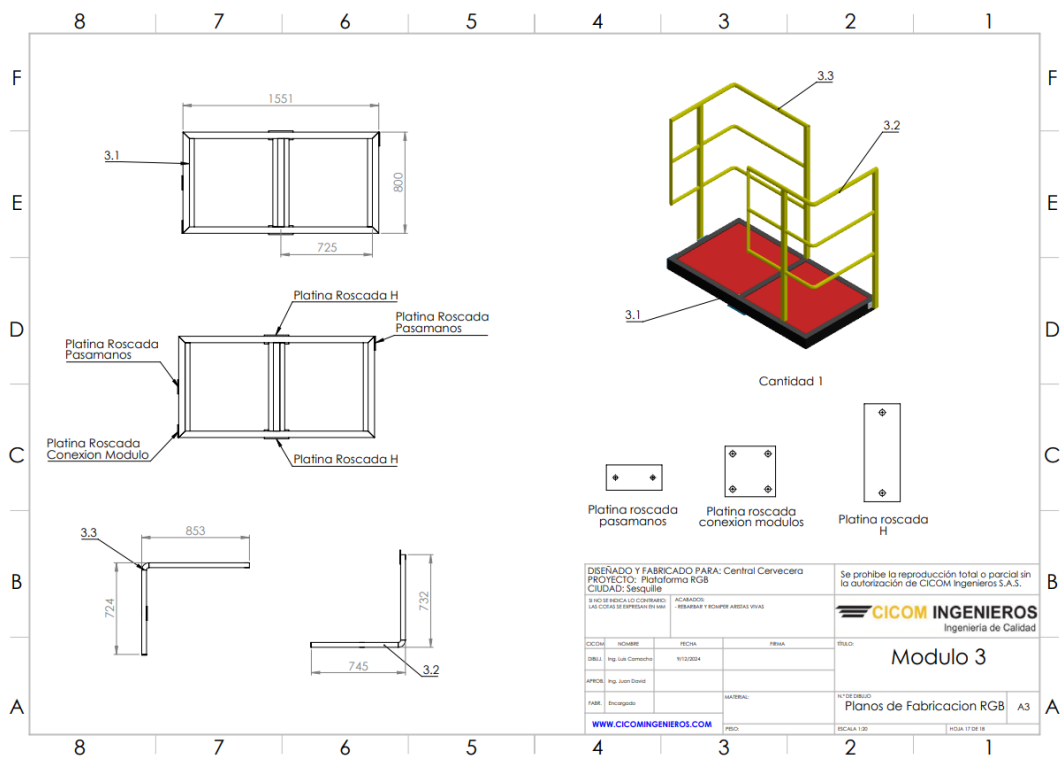
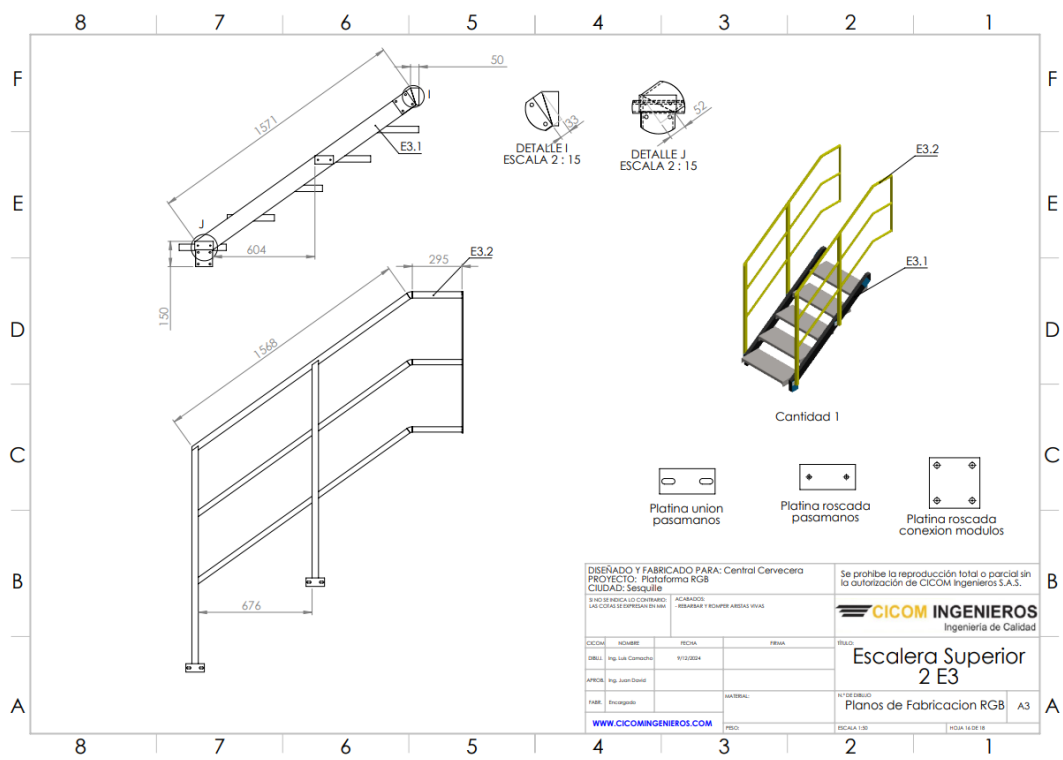
DISEÑO Y FABRICADO PARA: Central Cervecera		Se prohíbe la reproducción total o parcial sin la autorización de CICOM Ingenieros S.A.S.	
PROYECTO: Plataforma RGB		 Ingeniería de Calidad	
CIUDAD: Sesquile			
DISEÑO: [] DISEÑO Y FABRICACIÓN: [] DISEÑO Y FABRICACIÓN: []		DISEÑO: [] DISEÑO Y FABRICACIÓN: []	
CCOM	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DBL	Ing. Luis Cornejo	11/10/2024	
APROB.	Ing. Juan David		
FABR.	Encargado	MATERIAL:	
WWW.CICOMINGENIEROS.COM		TÍTULO: Modulo 2 MATERIAL: Planos de Fabricacion RGB ESCALA: 1:10 HOJA: 14 DE 18	A3



DISEÑO Y FABRICADO PARA: Central Cervecera		Se prohíbe la reproducción total o parcial sin la autorización de CICOM Ingenieros S.A.S.	
PROYECTO: Plataforma RGB		 Ingeniería de Calidad	
CIUDAD: Sesquile			
DISEÑO: [] DISEÑO Y FABRICACIÓN: [] DISEÑO Y FABRICACIÓN: []		DISEÑO: [] DISEÑO Y FABRICACIÓN: []	
CCOM	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DBL	Ing. Luis Cornejo	11/10/2024	
APROB.	Ing. Juan David		
FABR.	Encargado	MATERIAL:	
WWW.CICOMINGENIEROS.COM		TÍTULO: Modulo 2 MATERIAL: Planos de Fabricacion RGB ESCALA: 1:10 HOJA: 15 DE 18	A3

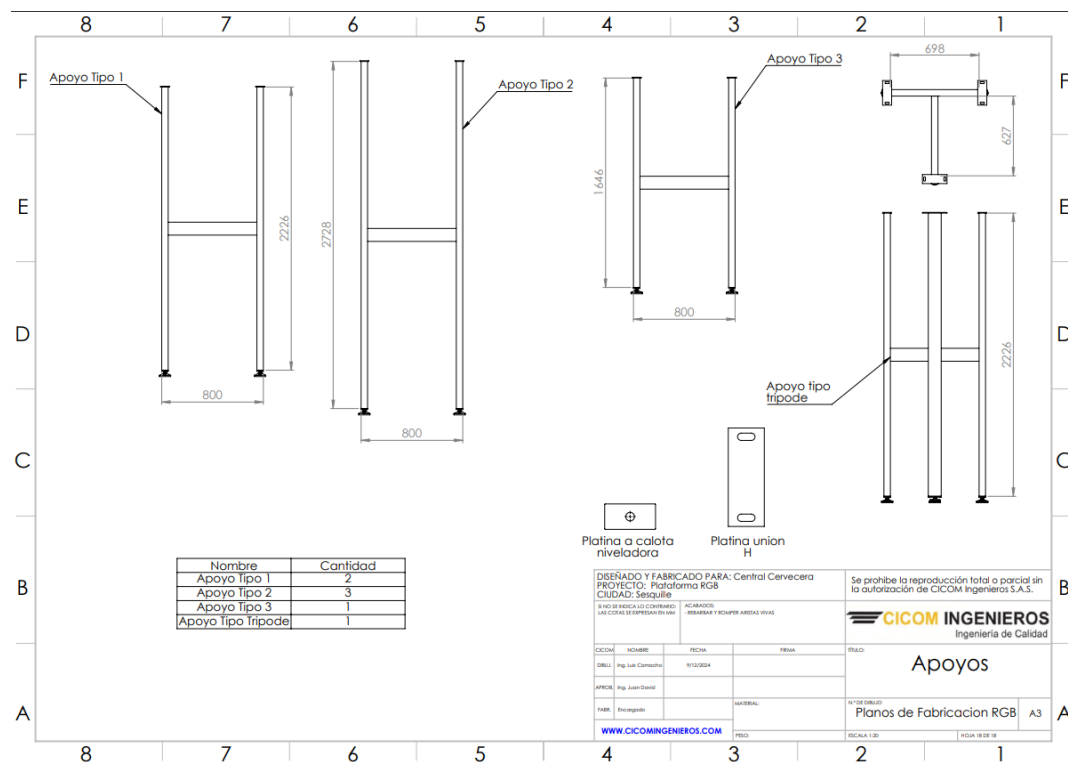
Apéndice X

Plano de fabricación Escalera E3



Apéndice Y

Plano de fabricación Soportes Pasarela RGB



Apéndice Z

Análisis estructural de plataforma ACPM

Información de modelo



Nombre del modelo: Plataforma ACPM
Configuración actual: Chasis y apoyos

Sólidos

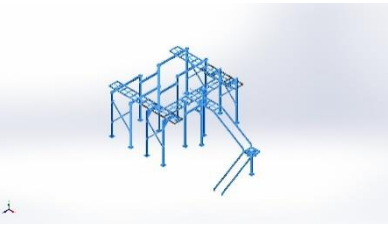
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Estructura pasarela ACPM	Sólido	Masa: 3956 kg Volumen: 1 m ³ Densidad: 7.850 kg/m ³ Peso: 490,808 N	C:\Users\Luis Camacho\Desktop\001-Plataforma Tanque ACPM\Correccion Diseño\3.1 Edit CAD\Piezas\Apoyos\Conexion H.SLDPRT Jun 25 21:38:45 2025

Propiedades de estudio


Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático

Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Activar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Camacho\Desktop\001-Plataforma Tanque ACPM\Correccion Diseño\3.1 Edit CAD\Ensamblajes\Ensamble Final)

Propiedades de material



Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2,5e+08 N/m ² Límite de tracción: 4e+08 N/m ² Módulo elástico: 2e+11 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0,26 Densidad: 7.850 kg/m ³ Módulo cortante: 7,93e+10 N/m ²	Estructura ACPM

Datos de curva:N/A

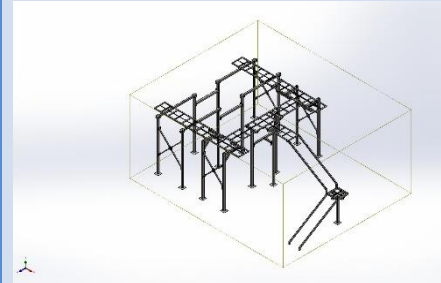
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 18 cara(s) Tipo: Geometría fija

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0,000126161	30.217	9,57217e-05	30.217
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

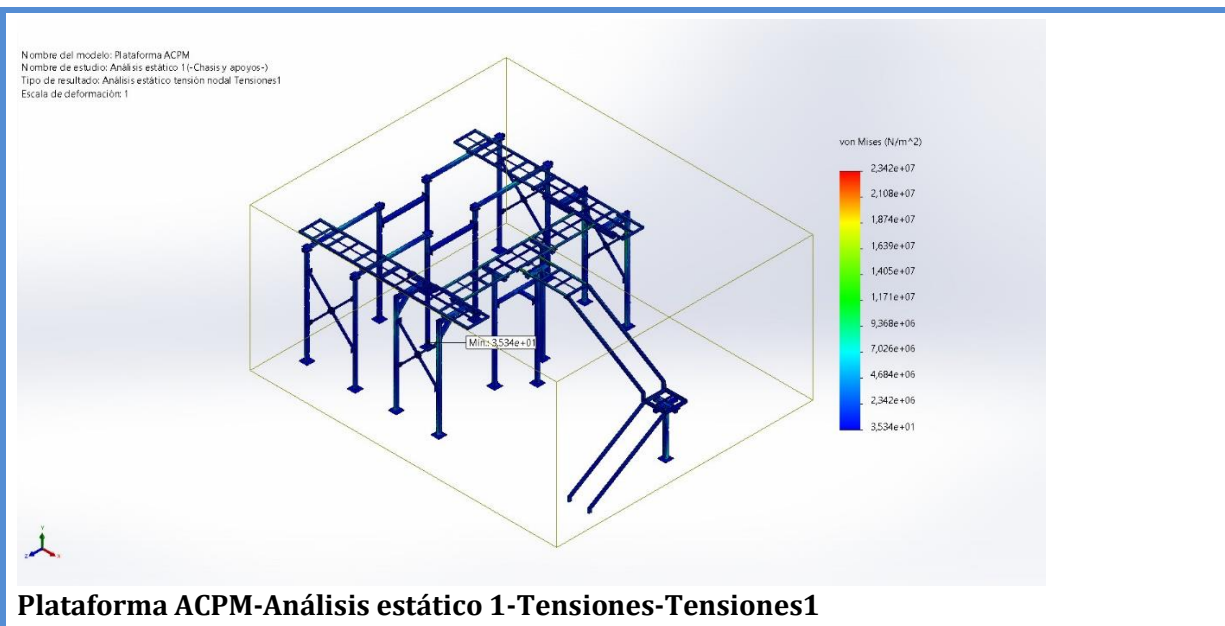
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 34 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 1.000 kgf
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9,81 Unidades: m/s ²

Información de interacción

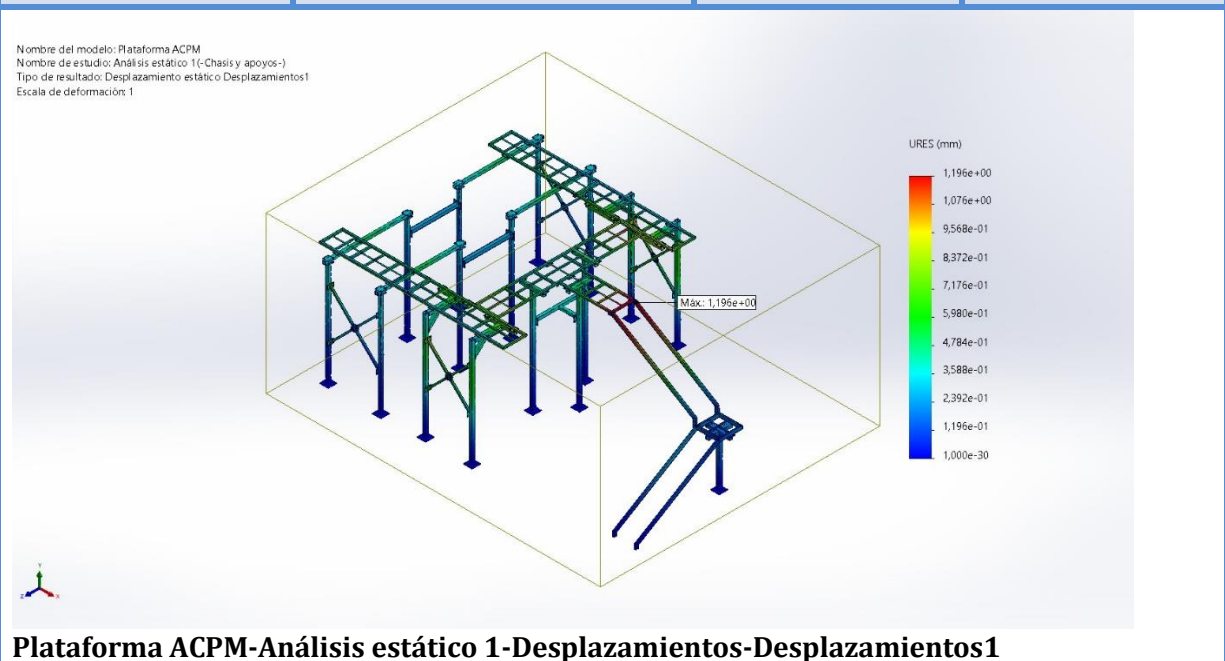
Interacción	Imagen de interacción	Propiedades de interacción
Interacción global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado independiente

Resultados del estudio

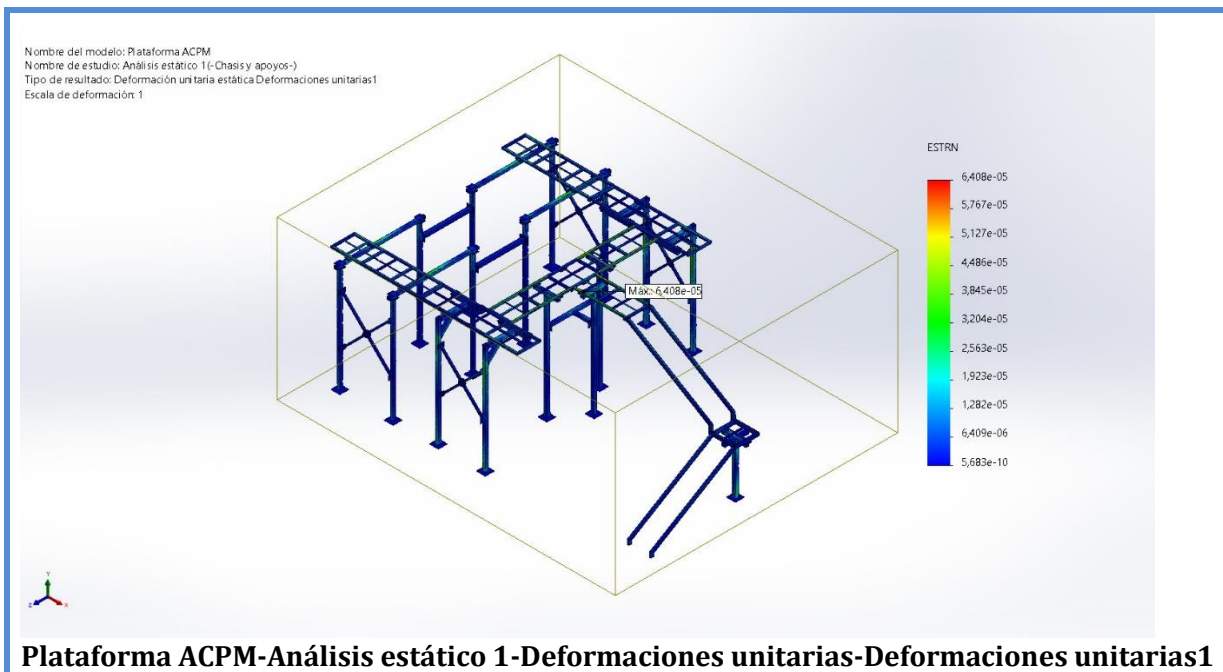
Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3,534e+01N/m ² Nodo: 29758	2,342e+07N/m ² Nodo: 175504



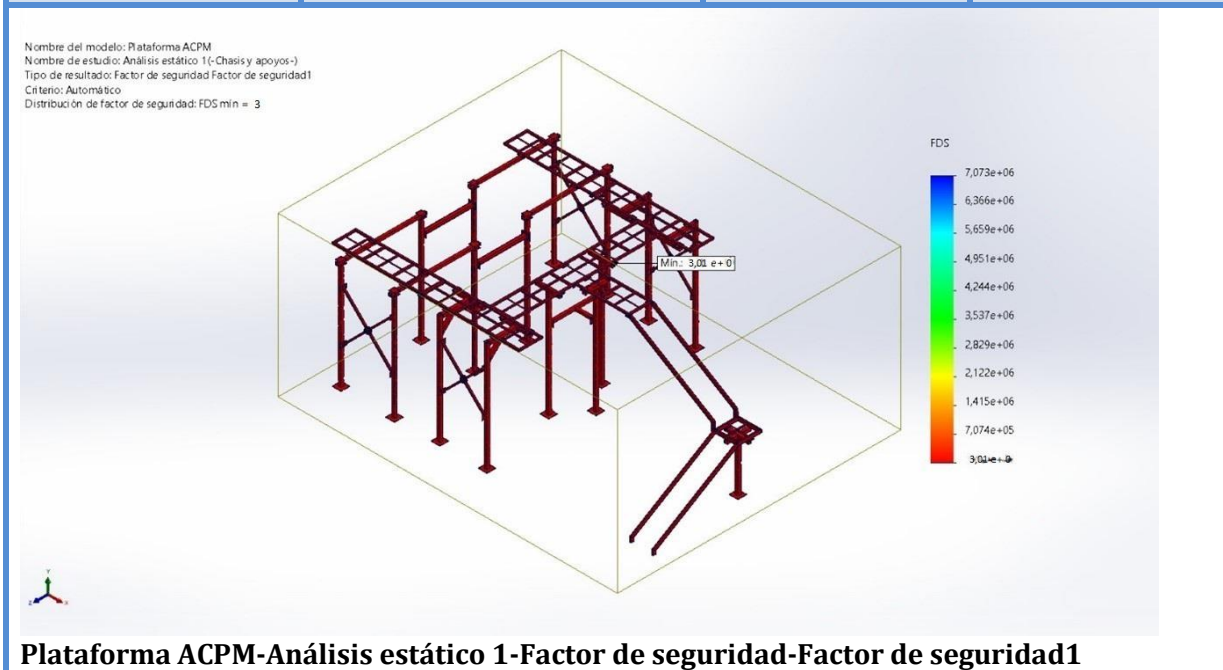
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 29395	1,196e+00mm Nodo: 198742



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	5,683e-10 Elemento: 61626	6,408e-05 Elemento: 96896



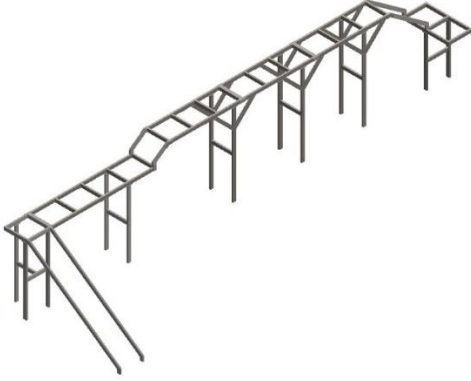
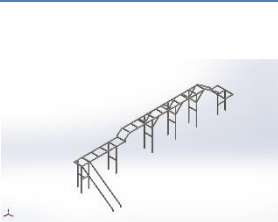
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	3,067 Nodo: 175504	7,073e+06 Nodo: 29758



Apéndice AA

Análisis estructural de plataforma RGB

Información del modelo RGB

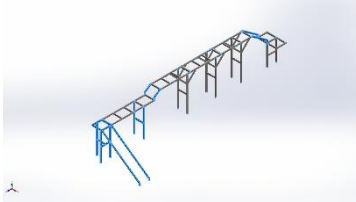
			
<p>Nombre del modelo: Estructura RGB Configuración actual: Estructura para estudio</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
	Sólido	<p>Masa: 1863 kg Volumen: 38 m³ Densidad: 7.850 kg/m³ Peso: 10,4546 N</p>	<p>C:\Users\Luis Camacho\Desktop\002-Plataforma RGB\3 CAD\Version 2\Piezas\Plataforma RGB 2\Elementos de union\Platina Roscada L Esocaleras.SLDPRT Apr 25 19:14:39 2025</p>

Propiedades del estudio

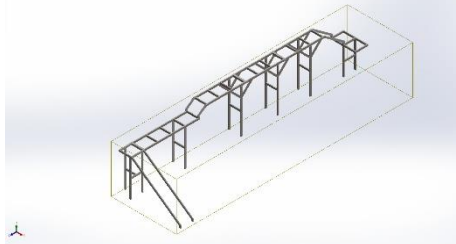
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar

Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Camacho\Desktop\002-Plataforma RGB\3 CAD\Version 2\Ensamblajes)

Propiedades del material

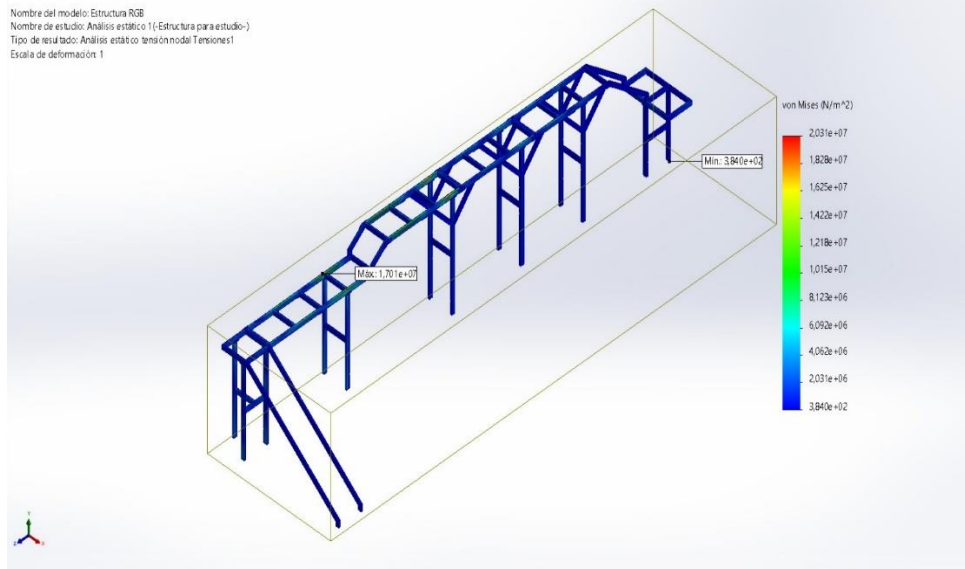
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin</p>	Plataforma RGB
Datos de curva:N/A		

Información de interacción

Interacción	Imagen de interacción	Propiedades de interacción
Interacción global		<p>Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado independiente</p>

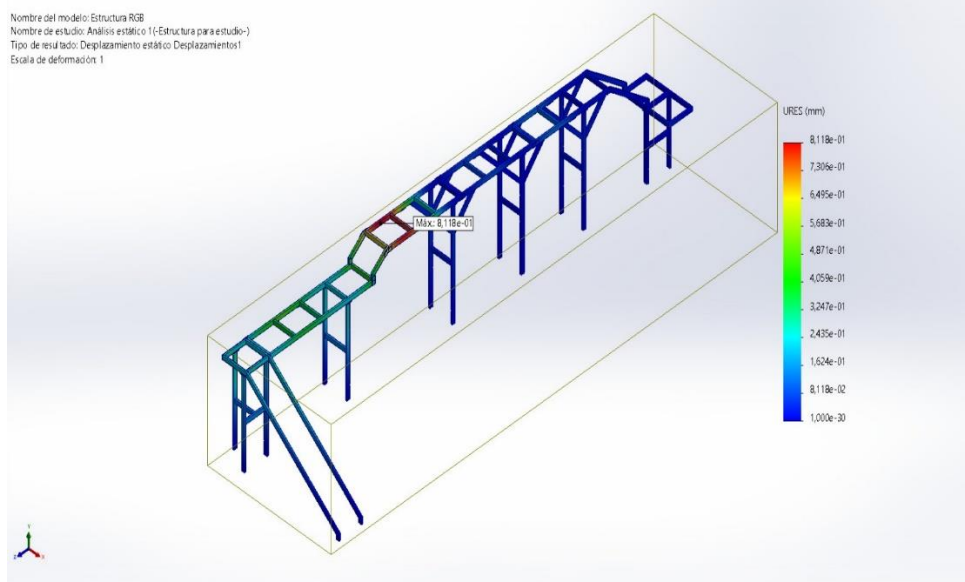
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3,840e+02N/m ² Nodo: 2023	2,031e+07N/m ² Nodo: 9786



Estructura RGB-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

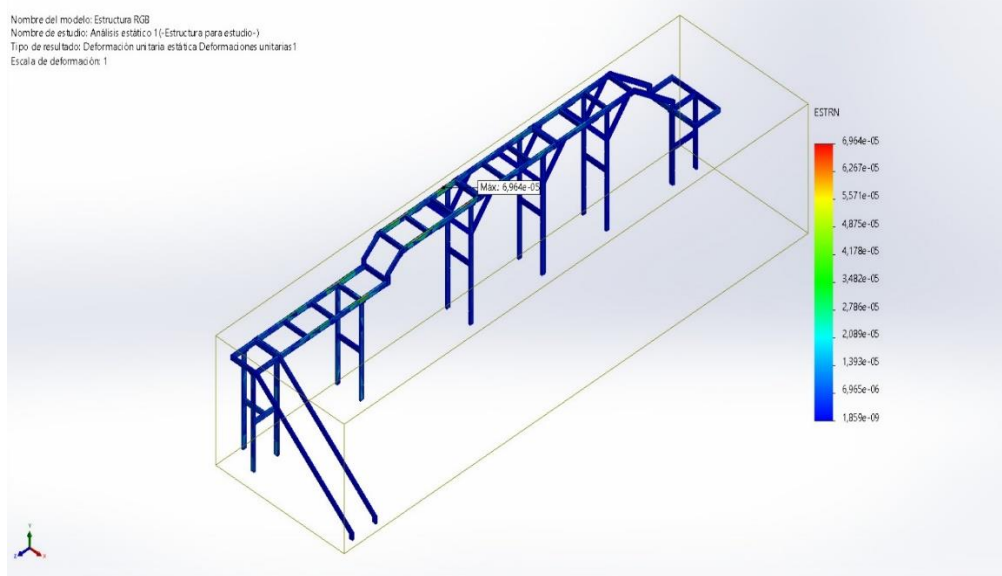
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 1633	8,118e-01mm Nodo: 26109



Estructura RGB-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1,859e-09 Elemento: 901	6,964e-05 Elemento: 11698

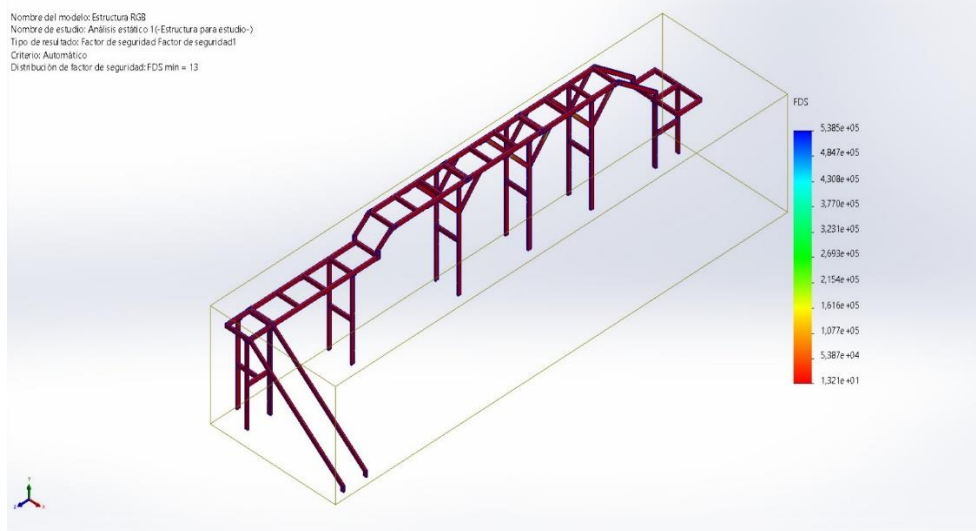
Nombre del modelo: Estructura RGB
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Estructura para estudio-)
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



Estructura RGB-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	3,21e+00 Nodo: 9987	5,385e+05 Nodo: 2023

Nombre del modelo: Estructura RGB
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Estructura para estudio-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 13



Estructura RGB-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1