

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	<small>Documento</small> F-AC-DBL-007	<small>Código</small> 10-04-2012	<small>Fecha</small> A
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	<small>Dependencia</small> SUBDIRECTOR ACADEMICO	<small>Aprobado</small> 1(64)	<small>Pág.</small> 1(64)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	FABIAN HUMBERTO TRUJILLO ALVAREZ
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA MECÁNICA
DIRECTOR	EDWIN ESPINEL BLANCO
TÍTULO DE LA TESIS	SUPERVISIÓN AL DISEÑO MECÁNICO DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN LA EMPRESA INDUSTRIAS ECTRICOL SAS.

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

AL IMPLEMENTAR GLPI EN LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE INCIDENCIAS Y SOLICITUDES EN EL ÁREA DE SOPORTE, SE BUSCA PRESTAR UN MEJOR SERVICIO AL ESTUDIANTE LOGRANDO QUE LA UNIVERSIDAD GENERE UNA BUENA IMAGEN ANTE ELLOS, Y QUE ESTOS A SU VEZ PERCIBAN SU IMPORTANCIA PARA LA UNIVERSIDAD, DONDE TODAS LAS SOLICITUDES SERÁN ATENDIDAS DE ACUERDO A LOS NIVELES DE SERVICIOS QUE ESTABLEZCA LA UNIVERSIDAD, OPTIMIZANDO LA CALIDAD DEL SERVICIO Y BUSCANDO QUE LA UNIVERSIDAD HABLE UN LENGUAJE COMÚN Y MEJORANDO EL ENTENDIMIENTO Y RELACIONES ENTRE TODAS LAS PARTES INVOLUCRADAS.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 64	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1
-------------	---------	----------------	-----------



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.
 Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088
www.ufpso.edu.co



SUPERVISIÓN AL DISEÑO MECÁNICO DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE
BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN LA EMPRESA INDUSTRIAS ELECTRICOL SAS.

FABIAN HUMBERTO TRUJILLO ALVAREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
OCAÑA
2015

SUPERVISIÓN AL DISEÑO MECÁNICO DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE
BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN LA EMPRESA INDUSTRIAS ELECTRICOL SAS.

FABIAN HUMBERTO TRUJILLO ALVAREZ

Trabajo de grado bajo la modalidad pasantías presentado para optar el título de Ingeniero
mecánico.

DIRECTOR
EDWIN ESPINEL BLANCO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
OCAÑA
2015

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<u>INTRODUCCION .</u>	12
<u>1. SUPERVISIÓN AL DISEÑO MECÁNICO DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN LA EMPRESA INDUSTRIAS ELECTRICOL SAS.</u>	13
<u>1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</u>	13
1.1.1. Misión	13
1.1.2. Visión	14
1.1.3. Objetivos de la empresa	15
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional	16
1.1.5. Descripción de la dependencia a la que fue asignado ;Error! Marcador no definido.	16
<u>1.2. DIAGNOSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA</u>	16
1.2.1. Planteamiento del problema	17
<u>1.3. OBJETIVOS DE LAS PASANTIAS</u>	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
<u>1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA</u>	19
<u>2. ENFOQUE REFERENCIAL</u>	21
<u>2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL</u>	21
<u>2.2. ENFOQUE LEGAL</u>	21
2.2.1. RETIE	21
2.2.2. NTC 2050	21
2.2.3. NTC 3475 (UL67)	21
2.2.4. NTC 3278 (IEC 60439-1)	22
2.2.5. IEC 61439-1/2	22
2.2.6. NTC 3279 (IEC60529)	23
2.2.7. NEMA 250	23
2.2.8. IEC 60890	23
2.2.9. DIN 43671	24
2.2.10. DIN 43673	24
2.2.11. DIN IEC 60617	24
2.2.12. IEC 61346-2	24
2.2.13. NORMAS CODENSA	25
<u>3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO</u>	28
<u>4. DIAGNOSTICO FINAL.</u>	47
<u>5. CONCLUSIONES.</u>	49
<u>6. RECOMENDACIONES.</u>	50

<u>BIBLIOGRAFÍA.</u>	51
<u>REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS</u>	52
<u>ANEXOS</u>	53

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama	12
Figura 2. Tablero general de acometidas (AutoCad)	25
Figura 3. Implantación de equipo	26
Figura 4. Implantación Tablero de servicios auxiliares.	27
Figura 5. Bloqueador Interruptor Schneider EZC 100	28
Figura 6. Plano de dobles de lamina para bloqueador	28
Figura 7. Interruptor tipo abierto Master Pact 480-1200A (Schneider)	30
Figura 8. Aislador tipo barra	30
Figura 9. Norma DIN 43673	31
Figura 10. Norma DIN 43673	32
Figura 11. Explocionado barraje de cobre	33
Figura 12. Diagrama unifilar Tablero general de servicios comunes	34
Figura 13. Vistas principales (Banco de condensadores)	35
Figura 14. Especificaciones generales de construcción	38
Figura 15. Explocionado metalmeccanica.	39
Figura 16. Plano dobles de lamina (Soporte Aislador).	39
Figura 17. Explocionado barraje de cobre.	40
Figura 18. Plano dobles para barra de cobre.	41
Figura 19. Plano de vistas principales.	41

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada	15
Tabla 2. Descripción de las actividades a desarrollar	18

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Vista frontal con puerta tablero general de servicios comunes SolidWorks.	49
ANEXO B. Vista frontal con puerta tablero general de servicios comunes real	49
ANEXO C. Vista sin puerta tablero general de servicios comunes SolidWorks	50
ANEXO D. Vista sin puerta tablero general de servicios comunes real	50
ANEXO E. Vista sin frente muerto tablero general de servicios comunes SolidWorks	51
ANEXO F. Vista sin frente muerto tablero general de servicios comunes real	51
ANEXO G. Vista general de barraje tablero general de servicios comunes	52
ANEXO H. Vista de explotacionado metalmechanica tablero general de servicios comunes	52
ANEXO I. Especificaciones generales de construccion	53
ANEXO J. Plano de vistas principales	54
ANEXO K. Plano de explotacionado metalmechanico	55
ANEXO L.1. Plano de dobles de lamina	56
ANEXO M. 2. Plano de dobles de lamina	57
ANEXO N. 3. Plano de dobles de lamina	58
ANEXO O. Plano de explotacionado barraje	59
ANEXO P. Plano de barraje principal	60
ANEXO Q. Plano barra de cobre	61
ANEXO R. Plano de barra de cobre (Neutro-Tierra)	62
ANEXO S. Tablero de transferencia	63

RESUMEN

El presente documento contiene la información necesaria correspondiente al trabajo de grado modalidad pasantías para obtención del título de ingeniero mecánico, bajo el protocolo que rige la Universidad Francisco de Paula Santander de Ocaña, en la empresa industrias Ectricol SAS. Ubicada en Funza, Cundinamarca.

Con ayuda del software de diseño asistido por computadora SolidWorks y AutoCad, se realizaron los procesos de implantación de equipos, planos de fabricación mecánico, se estandarizaron algunos diseños mecánicos, piezas, equipos eléctricos, entre otros. También se generaron planos de fabricación con los siguientes documentos: planos de vistas principales, explosionado de piezas, planos de dobles de lámina, planos de dobles de cobre, etc.

Todos los procesos de diseño y producción fueron supervisados por el área de ingeniería llevando a cabo la estandarizaron todas las etapas de producción. Se redujeron los tiempos de fabricación, se mejoró la calidad del producto y su vez se disminuyó la materia prima y equipos eléctricos utilizados para la fabricación de tableros eléctricos, de esta manera la empresa economizo recursos y aumento sus ganancias.

INTRODUCCION

En la fabricación de tableros eléctricos de media y baja tensión es importante conocer la información que facilite entendimiento de las normas y procesos que se llevan a cabo en el desarrollo de un diseño mecánico hacia tableros eléctricos de baja y media tensión en la empresa industrias Ectricol SAS. Ubicada en Funza, Cundinamarca

En primer lugar se conocerá todo lo relacionado con la empresa dedicada al diseño y fabricación de tableros eléctricos de media y baja tensión. Veremos algunas de las áreas que intervienen directamente en este proceso como son: área de ingeniería, diseño y producción. Introduciéndonos más a fondo en el área de diseño observaremos que con ayuda del software de diseño asistido por computadora SolidWorks y AutoCad este proceso se hace más didáctico, mejorando y estandarizando los diseños para tableros eléctricos es posible observar el producto final antes de su fabricación.

La supervisión en cada etapa de diseño y producción es muy importante ya que estas dos áreas se encuentran enlazadas una a la otra y se pueden retroalimentar continuamente, identificando los errores y eliminándolos antes que afecte de manera evidente la fabricación de los tableros eléctricos, se mejoran los tiempos de entrega, la calidad del producto y se elimina cada retroceso que surgen en el proceso. De igual manera se capacita a cada una de las personas que intervienen en el diseño y construcción de tableros eléctricos para que sepan erradicar e informar a sus superiores las dificultades que se presentan en sus actividades.

En el periodo de la realización de la pasantía se contribuyó a la elaboración y estandarización de algunas piezas y accesorios útiles para la fabricación de tableros eléctricos de media y baja tensión. La figura 8 nos muestra un bloqueador para un interruptor que se diseñó y estandarizo para mejorar y agilizar los procesos de diseño y construcción.

1. SUPERVISIÓN AL DISEÑO MECÁNICO DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN LA EMPRESA INDUSTRIAS ECTRICOL SAS.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

INDUSTRIAS ECTRICOL S.A.S., es una empresa especializada en la gestión de proyectos que van desde el diseño y fabricación de nuestras celdas y tableros hasta el montaje y puesta en marcha de los mismos, para brindar protección y control a los sistemas eléctricos de nuestros clientes.

El desempeño de nuestra misión compromete un soporte técnico y una asesoría antes y durante todo el proceso. Así mismo, nuestros estándares de calidad avalados por la norma NTC ISO-9001:2008 otorgado por BUREAU VERITAS a nuestro sistema de calidad y la certificación CIDET acreditando la calidad de tableros y celdas en MT, han permitido que nuestros productos garanticen un alto rendimiento, minimizando los riesgos de su inversión y brindando muchos años de operación segura para su proceso de producción.

En la actualidad somos distribuidores exclusivos de la marca española Ormazabal, especialistas en celdas capsuladas en SF6, las cuales se distinguen por su modularidad, seguridad, calidad, flexibilidad, cero mantenimiento, reducidas dimensiones y otros beneficios que las convierten en una excelente solución para los requerimientos de un sistema de protección eléctrica óptimo.

1.1.1. Misión. INDUSTRIAS ECTRICOL SAS ofrece productos y servicios integrales de alta calidad brindando a sus clientes seguridad y confiabilidad en el desarrollo de instalaciones eléctricas manteniendo la competitividad en el mercado.

1.1.2. Visión. Para el 2015 nuestra Compañía será una empresa sostenible, rentable, y reconocida como líder en la innovación y desarrollo de soluciones integrales de ingeniería eléctrica de alta calidad, con un talento humano especializado y percibida por sus clientes como una empresa que satisface plenamente sus expectativas.

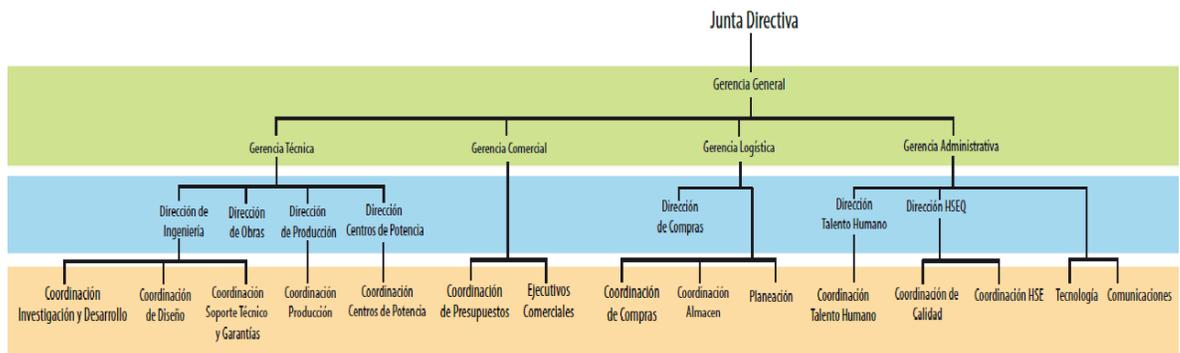
1.1.3. Objetivos de la empresa

INDUSTRIAS ECTRICOL SAS, Organización dedicada al diseño, fabricación instalación de Celdas y Tableros eléctricos en las diferentes especificaciones y la distribución e instalación en Colombia de las celdas marca Ormazabal , comprometida con la calidad, seguridad industrial, salud ocupacional, protección del medio ambiente, la responsabilidad social empresarial, ha asignado los recursos necesarios para el mantenimiento, mejoramiento continuo y desempeño de su Sistema Integrado de Gestión, el cual busca garantizar el desarrollo de su talento humano, la satisfacción de los clientes e inversionista, demostrando eficiencia en la entrega oportuna y brindando calidad en todos sus productos y servicios, promueve una cultura enfocada a la gestión del riesgo y mantener relaciones mutuamente beneficiosas con proveedores y contratistas, fomentando la responsabilidad social en grupos de interés.

Pensando en el bienestar e integridad de todos sus colaboradores, genera ambientes de trabajo confortable y seguro, evitando lesiones personales, enfermedades profesionales, daños a la propiedad e impactos ambientales; asegurando el cumplimiento de la legislación aplicable y otros requisitos.

1.1.4. Descripción de la estructura organizacional

Figura 1. Organigrama



Fuente: www.Ectricol.com/contacto

1.1.5. Descripción de la dependencia a la que fui asignado. Industrias Ectricol SAS. es una empresa familiar donde todo inicia desde la gerencia general, que cuenta con un gerente técnico este es el encargado de la división de ingeniería donde se encuentran 4 administradores de proyectos los cuales ofertan y asesoran al cliente para satisfacer la necesidades que requieren con respecto a tableros eléctricos de baja tensión (tableros de sistemas de sincronismo, armario de medidores, centro de control de motores, celdas de equipo de media-baja tensión, tablero general de acometidas, tablero de servicios comunes), media tensión (celda de entrada y salida, celda de línea, celda de protección fusible, celda de interruptor, celda triplex compacta). Los administradores de proyectos a su vez están apoyados cada uno por un auxiliar administrativo, un ejecutivo de presupuestos y tres diseñadores (un diseñador eléctrico y dos diseñadores mecánicos) desde ahí se generan las ofertas de trabajo, se crean los diseños con las especificaciones del cliente, lista de materiales, se hacen las respectivas cotizaciones y se realiza la documentación con todos los requerimientos. Esta pasantía estará vinculada a las actividades que se desarrollen dentro del área de diseño mecánico, ajuste de planos, estandarización, implantación y control de los procesos.

Luego toda la documentación es llevada a planeación donde se hace una evaluación de equipos y presupuesto de materiales como cobre, lamina, pintura, etc. Para al final mandar a fabricar.

La dependencia de ingeniería dentro de la empresa, además de desarrollar labores de diseño y construcción, realiza labores de seguimiento y control tanto técnico como administrativo. Para cumplir con los objetivos propuestos, se realiza manejo y control de fabricación, implementando una serie de programaciones de actividades para los distintos frentes de trabajo.

1.2. DIAGNOSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA

	<p>FORTALEZAS (F):</p> <ul style="list-style-type: none"> • La dependencia cuenta con profesionales en el área de ingeniería y diseño mecánico y eléctrico. • Acceso a buenas herramientas e información necesaria. • Compromiso para dar cumplimiento a la normatividad de diseño y construcción de tableros eléctricos en Colombia. 	<p>DEBILIDADES (D):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de personal capacitado. • Falta de incentivo y reconocimiento cuando se cumplen las metas en los tiempos estimados.
<p>OPORTUNIDADES (O):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Participar en grupos interdisciplinarios con un mismo objetivos pero enfoque y enfoques distintos. • Emprender actividades de diseño y acompañamiento como crecimiento profesional y personal. • Colaborar con el cliente para mejorar la calidad de su trabajo con mayor facilidad de operación. 	<p>ESTRATEGIA (FO): La dependencia cuenta con profesionales en el área de diseño e ingeniería mecánica y eléctrica lo que representa una oportunidad de trabajo interdisciplinario que permite enriquecer la formación profesional a la ejecución de proyectos.</p>	<p>ESTRATEGIA (DO): Establecer relaciones de ámbito profesional con las distintas dependencias relacionadas a los proyectos con el fin de generar acuerdos para la realización satisfactoria de esos proyectos.</p>

<p>AMENAZAS (A):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deserción del personal en el área de ingeniería y diseño por falta de incentivos laborales. • No poder cumplir a cabalidad con todas las actividades programadas. 	<p>ESTRATEGIA (FA):</p> <p>Empleando las herramientas e información disponible, cumpliendo con la normatividad colombiana con respecto al diseño y fabricación de tableros eléctricos, y contando con profesionales en el área de ingeniería mecánica y eléctrica, se puede contrarrestar los efectos de la falta de personal nocivo para la creación de proyectos y el cumplimiento de las actividades programadas.</p>	<p>ESTRATEGIA (DA):</p> <p>Debido a los diferentes factores que afectan la correcta elaboración de nuevos proyectos, causados por la falta de personal y la deserción de algunos empleados es necesario crear nuevas convocatorias internas y externas reforzar el área de ingeniería y diseño para así cumplir a cabalidad con las actividades programadas.</p>
---	--	--

Fuente: Pasante.

1.2.1. Planteamiento del problema. El presente trabajo de grado, en la modalidad de pasantías consiste en el seguimiento y control de las actividades de diseño de tableros eléctricos de baja y media tensión en la empresa Industrias Ectricol SAS, ubicada en Funza, Cundinamarca. Esta empresa ha venido presentando unas falencias en cuanto a procesos de diseño, la cual requiere de tiempos prolongados en la elaboración de dichos tableros, la cual han presentado una serie de inconvenientes a la hora de diseñar y construir productos con los elementos y componentes terminados en la empresa, de lo que se infiere en muchos casos ausencia de una base para iniciar las respectivas implantaciones en los tableros eléctricos. De igual manera hay un escaso control de los requerimientos del cliente potencial, a esto se suma la elaboración de muchos diseños previos que en la mayoría de los casos son innecesarios con llevando a la empresa a atrasar las actividades planificadas, desperdiciando un gran recurso tanto humano como económico, induciendo que en muchos casos se pierda el interés por adquirir productos de esta empresa.

De continuar con estos procesos en la manera en que en la actualidad se presentan, puede existir hacia futuro pérdida de posicionamiento en los mercados en los cuales la empresa participa.

La no implantación de metodologías de sinergia y estandarización de procesos más ágiles, esta se vería expuesta a letargos tecnológicos existentes en la actualidad.

1.3. OBJETIVOS DE LAS PASANTIAS

1.3.1. Objetivo general

Supervisar el diseño mecánico de tableros eléctricos de media y baja tensión en la empresa Industrias Ectricol SAS, ubicada en Funza, Cundinamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los procesos de implantación de equipos en los diferentes proyectos de producción, en las diferentes áreas de la empresa.
- Manejar los procesos de estandarización para las diferentes cargas eléctricas con sus respectivos controles eléctricos.
- Determinar las actividades de corrección en planos eléctricos y mecánicos en los procesos solicitados por la empresa.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA

Objetivos generales	Objetivos Específicos	Actividades a desarrollar en la empresa para hacer posible el cumplimiento de los objetivos específicos
	Identificar los procesos de implantación de equipos en los diferentes proyectos de producción, en las diferentes áreas de la empresa.	Con el proceso de identificación de programas de diseño asistido por computadora (AutoCad) se generaran nuevas implantaciones de estandarización, de los proyectos anteriormente desarrollados, lo que conduce a la generalización de los equipos. Se establecieron archivos de diferentes piezas en cada proyecto, para posibilitar, revisar y aprobar la coordinación de diseños antes de su envío a producción y maquinado.

Supervisar el diseño mecánico de tableros eléctricos de media y baja tensión en la empresa Industrias Ectricol SAS.	Manejar los procesos de estandarización para los diferentes tableros eléctricos con sus respectivas cargas y controles eléctricos.	<p>Crear guías para diseños que se realizaron anteriormente en el programa AutoCad.</p> <p>Generación de nuevos diseños en SolidWorks referenciando las piezas y equipos necesarios para la adecuación de dichos proyectos.</p> <p>Clasificar las piezas y equipos para generar nuevos proyectos que cumplan con las especificaciones del cliente (interno y externo).</p>
	Determinar las actividades de corrección en planos eléctricos y mecánicos en los procesos solicitados por la empresa.	<p>Examinar las dimensiones y los implementos instalados en los tableros eléctricos para corroborar que estos funcionen y cumplan Con las especificaciones dada.</p> <p>Aplicar las normas vigentes a los diseños de los diferentes productos teniendo en cuenta su funcionalidad.</p>

Fuente: Pasante

2. ENFOQUE REFERENCIAL

2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL

CONCEPTOS.

ESTANDARIZACIÓN: Se conoce como estandarización al proceso mediante el cual se realiza una actividad de manera estándar o previamente establecida.

EQUIPOS ELÉCTRICOS: Son los dispositivos eléctricos utilizados en la fabricación de tableros eléctricos, estos abarcan un sinnúmero de ellos como por ejemplo: interruptores, contactores, condensadores, transformadores, etc.

GRADO DE CERRAMIENTO: Grado de protección que el tablero debe proporcionar contra la entrada de materiales extraños.

DIAGRAMA UNIFILAR: Representación gráfica de una instalación eléctrica a través de un solo hilo, donde se muestran las cargas asociadas al sistema.

BARRAJE: Conjunto de conductores de cobre en forma de barra dimensionada de forma tal que soporte la corriente nominal del tablero eléctrico.

CONFIGURACIÓN DE LA ESTRUCTURA: Es el ensamble de la estructura del tablero donde pueden variar las dimensiones del mismo.

VAULT: Carpeta central de almacenamiento ubicada en el servidor, en donde la información queda guardada para la consulta de las áreas que lo requieran.

SOLID WORKS: Software de diseño utilizado por la compañía para la generación de los planos mecánicos.

AUTOCAD: Software de diseño utilizado por la compañía para la generación de los planos mecánicos e implantaciones de equipos eléctricos.

TAG: Identificación o nombre de los equipos dentro de un esquema eléctrico, el cual se realiza según la función y locación del mismo.

2.2. ENFOQUE LEGAL

NORMAS

Industrias Ectricol SAS, ha establecido que para el diseño de sus tableros eléctricos se tendrán como referencia los siguientes reglamentos y normas nacionales e internacionales.

2.2.1. RETIE¹

Los siguientes numerales del reglamento Técnico de instalaciones eléctricas se aplicarán al Diseño de tableros eléctricos:

- Artículo 5 Sistemas de unidades
- Artículo 6 Simbología y señalización
- Artículo 10 Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas.
- Artículo 12 Clasificación de los niveles de tensión
- Artículo 13 Distancias de seguridad
- Artículo 15 Sistemas de puesta a tierra
- Artículo 17 Iluminación
- Artículo 20.14.2 Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS) requisitos de instalación
- Artículo 20.23.1 Tableros de baja tensión
- Artículo 20.23.2 Celdas de media tensión
- Artículo 20.24 Transferencias automáticas
- Artículo 27.4.1 Medidas de protección contra contacto directo o protección básica
- Artículo 28.3.11 Sistemas contra incendio
- Artículo 28.3.12 Sistemas de emergencia

2.2.2. NTC 2050²

Los siguientes numerales del Código Eléctrico Colombiano se aplicarán al diseño de tableros eléctricos:

- Sección 110 Requisitos de las instalaciones eléctricas.
- Sección 220 Cálculos de los circuitos alimentadores ramales y acometidas.
 - Numeral 220-2 Tensiones
 - Numeral 220-3 Cálculo de los circuitos ramales
 - Numeral 220-22 Carga del neutro del alimentador
- Sección 230 Acometidas
 - Numeral 230-31 Calibre y capacidad de corriente
- Sección 240 Protección contra sobrecorriente
 - Numeral 240-3-C Dispositivos de más de 800A
- Sección Puesta a tierra
 - Numeral 250-99 Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipos
- Sección 280 Descargadores de sobretensiones

¹REPUBLICA E COLOMBIA. Ministerio de Minas y Energía. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas. [En línea]. Ubicado en la URL: <http://www.minminas.gov.co/documents/10180/562602/Reglamento+Tecnico+RETIE.pdf/e51beb26-984b-4fae-ab50-e8de5fb436d2>

² CODIGO ELECTRONICO COLOMBIANO. Norma Técnica colombiana 2050. [En línea]. Ubicado en la URL: http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC_2050.pdf

- Sección 310 Conductores para instalaciones en general
 - Tabla 310-13 Aplicaciones y aislamiento de los conductores aislados 0 a2000V
 - Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible
 - Tabla 310-63 Espesor aislante y de la chaqueta de conductores/ Definiciones.
- Sección 364 Canalizaciones o buses de barras
- Sección 373 Armarios, cajas de corte y tableros de medidores enchufables
- Sección 374 Canaletas auxiliares
- Sección 384 Cuadros de distribución y paneles de distribución
- Sección 400 Cordones y cables flexibles
- Sección 430 Motores, circuitos de motores y controladores
 - Tabla 430-150 Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna
- Sección 450 Transformadores
 - Numeral 450-3 Protección contra sobrecorriente
 - Numeral 450-13 Ubicación
 - Numeral 450-21 Transformadores tipo seco instalados en interiores
 - Numeral 450-22 Transformadores tipo seco instalados en exteriores
 - Numeral 450-26 Transformadores con aislamiento instalados en interiores
 - Numeral 450-26 Transformadores con aislamiento instalados en exteriores
- Sección 695 Bombas contra incendios
- Sección 700 Sistemas de emergencia
- Sección 760 Sistemas de alarma contra incendios
- Artículo 6 Simbología y señalización
- Artículo 10 Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas.
- Artículo 12 Clasificación de los niveles de tensión
- Artículo 13 Distancias de seguridad
- Artículo 15 Sistemas de puesta a tierra
- Artículo 17 Iluminación
- Artículo 20.14.2 Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS) requisitos de instalación
 - Artículo 20.23.1 Tableros de baja tensión
 - Artículo 20.23.2 Celdas de media tensión
 - Artículo 20.24 Transferencias automáticas
 - Artículo 28.3.11 Sistemas contra incendio
 - Artículo 28.3.12 Sistemas de emergencia

2.2.3. NTC 3475 (UL67)³

Los siguientes numerales de la norma Electrotecnia Tableros eléctricos se aplicarán al diseño de tableros eléctricos:

- Numeral 2 Componentes
- Numeral 6 Generalidades

³ ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. NTC 3475. [En línea]. Ubicado en la URL: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC3475.pdf>

- Numeral 7 Encerramiento
- Numeral 8 Bases y soportes – Material aislante
- Numeral 9 Barreras y divisiones
- Numeral 10 Placas de relleno (Empaques)
- Numeral 11 Partes conductores de corriente
- Numeral 12 Terminales de alambrado
- Numeral 13 Interruptores, interruptores automáticos y dispositivos de protección contra sobrecorriente
- Numeral 14 Protección contra falla a tierra
- Numeral 15 Separaciones
- Numeral 16 Espacio para el cableado, canaleta para el cableado y espacio de flexión del conductor
- Numeral 17 Puesta a tierra y conexión
- Numeral 18 Bordes afilados

2.2.4. NTC 3278 (IEC 60439-1) ⁴

Los siguientes numerales de la norma Paneles de maniobra y de control de baja tensión. Paneles tipo ensayado y tipo ensayado parcialmente se aplicarán al diseño de tableros eléctricos:

- Numeral 2 Definiciones
- Numeral 3 Clasificación de los paneles
- Numeral 4 Características eléctricas de los paneles
- Numeral 5 Información que se debe suministrar en relación con el panel
- Numeral 6 Condiciones de servicio
- Numeral 7 Diseño y construcción
- Anexo D Formas de separaciones internas

2.2.5. IEC 61439-1/2

Los siguientes numerales de la norma se aplicarán al diseño de tableros eléctricos:

A. Parte I

- Numeral 1 Alcance
- Numeral 2 Normas de referencia
- Numeral 3 Definiciones
- Numeral 4 Símbolos y abreviaturas
- Numeral 5 Características del interfaz
- Numeral 6 Información
- Numeral 7 Condiciones de empleo
- Numeral 8 Requisitos constructivos

⁴ ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. NTC 3278. [En línea]. Ubicado en la URL: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC3278.pdf>

- Numeral 9 Requisitos de funcionamiento
- Numeral 10 Verificación del diseño

B. Parte II

- Anexo AA Formas de separación interna
- Anexo BB Cuestiones sometidas a acuerdo entre el fabricante del conjunto y el usuario

2.2.6. NTC 3279 (IEC60529)⁵

Los siguientes numerales de la norma Grados de protección dados por encerramientos de equipo eléctrico (Código IP) se aplicarán al diseño de tableros eléctricos:

- Numeral 1 Alcance y objeto
- Numeral 4 Designaciones
- Numeral 5 Grados de protección contra acceso a partes peligrosas y contra entrada de cuerpos sólidos extraños indicados por el primer número característico
- Numeral 6 Grados de protección contra acceso a partes peligrosas y contra entrada de cuerpos sólidos extraños indicados por el segundo número característico
- Numeral 7 Grados de protección contra acceso a partes peligrosas indicados por la letra adicional.
- Numeral 8 Letras suplementarias

2.2.7. NEMA 250⁶

La norma Nema 250 se tiene como referencia para comparar las equivalencias de encerramientos con la norma NTC3259 (IEC60529). Para tal fin se tienen en cuenta los siguientes apartados:

- Tipos de encerramiento Nema
- Tabla A-1 Conversión de encerramientos Nema a IEC 60529

2.2.8. IEC 60890⁷

La norma IEC60890 se utiliza para realizar gestión térmica de los tableros y la enmienda especifica la capacidad de conducción de los barrajes de cobre.

- Numeral 2 Alcance
- Numeral 3 Objeto

⁵ ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. NTC 3279. [En línea]. Ubicado en la URL: <http://file.yizimg.com/313680/2008091706515095.pdf>

⁶THE ASSOCIATION OF ELECTRICAL EQUIPAMENT AND MEDICAL IMAGING MANUFACTURES. Condiciones ambientales. Tipos de envolventes. [En línea]. Ubicado en la URL: <https://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/NEMA%20Tipos%20de%20Envolventes.pdf>

⁷ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC 60890.[En línea]. Ubicado en la URL:<file:///C:/Users/desarrollo1/Downloads/60890-2009.pdf>

- Numeral 4 Condiciones de aplicación
- Numeral 5 Cálculos
- Numeral 6 Evaluación del diseño

Enmienda

- Tabla B2 Corrientes de operación y pérdidas de potencia para barrajes, En arreglo vertical, sin conexión directa e equipos.
- Tabla B3 Corrientes de operación y pérdidas de potencia para barrajes, Usados como conexiones entre aparatos y barrajes principales.

2.2.9. DIN 43671

Esta norma especifica las capacidades de corriente de los barrajes de cobre dependiendo del arreglo que se establezca al interior del tablero.

- Tabla 1 Corriente de barras de cobre con sección rectangular.

2.2.10. DIN 43673

Esta norma especifica la ubicación y el tamaño de las perforaciones en las barras de cobre.

- Tabla 1 Patrón de perforaciones en barras colectoras
- Tabla 2 Uniones atornilladas para barras colectoras.

2.2.11. DIN IEC 60617⁸

Esta norma especifica la simbología que se utilizan en los diagramas unifilares y de control.

- Para esta norma se deben tener en cuenta todos los símbolos establecidos

2.2.12. IEC 61346-2⁹

Esta norma especifica la identificación de columnas y equipos al interior de los tableros.

- Tabla 1 Convenciones de elementos de control de acuerdo con su propósito o tarea y código de letras asociadas.

⁸ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC 60617.[En línea]. Ubicado en la URL: http://electricistas.webeindario.com/Norma%20UNE-EN%2060617-7_1997%20-%20Simbolos%20Graficos%20para%20Esquemas%20electricidad.pdf

⁹ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Clasification of objects and codes for clases. IEC 61346-2.[En línea]. Ubicado en la URL: http://tc3.iec.ch/meetings/sc3b/1997/new_delhi/pdf/3bnd3.pdf

- Tabla 2 Identificación de columnas de acuerdo al nivel de tensión de uso y código de letras asociadas.

2.2.13. NORMAS CODENSA

Respecto a las normas Codensa, se hará referencia a las especificaciones técnicas de celdas, armarios y tableros de baja tensión.

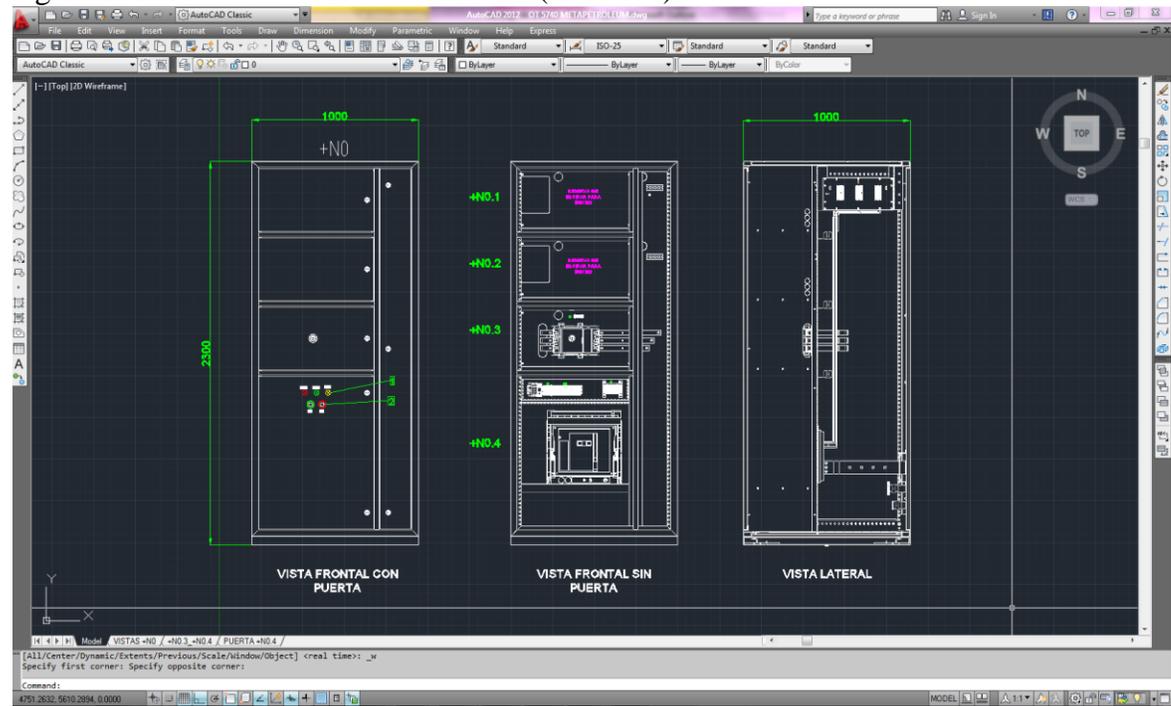
- Especificación técnica AE308 Armarios de medidores especificaciones generales
- Especificación técnica AE311/311-1 Tablero general de acometidas
- Especificación técnica AE315/315-1 Cajas para instalación de transformadores de corriente y equipo de medida
- Especificación técnica AE316 Instalación de equipo de medida y transformador de corriente en cajas
- Especificación técnica AE317 Armario para instalación de equipo de medida y transformador de corriente
- Especificación técnica AE319 Armario para instalación de equipo de medida y transformador de corriente
- Norma técnica AE244 Alimentadores de barraje en transformadores de distribución
- Especificación técnica AE320 Armario para instalación de equipo de medida y transformador de corriente
- Especificación técnica ET908 Tablero general de acometidas
- Especificación técnica ET911 Armarios para medidores
- Especificación técnica ET914 Cajas y armarios para transformadores de corriente y medidor.

3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO

Objetivo específico 1: Identificar los procesos de implantación de equipos en los diferentes proyectos de producción, en las diferentes áreas de la empresa.

Para identificar el proceso de implantación de equipos eléctricos se utiliza el software de diseño asistido por computadora AutoCad, este facilita el modelado de las piezas, ensambles mecánicos, diseño de estructura metalmecánica con sus respectivas vistas principales y dimensiones reales como se muestra en la Figura 2, también es posible insertar tablas y formatos para una mejor presentación.

Figura 2. Tablero de servicios auxiliares. (AutoCad).

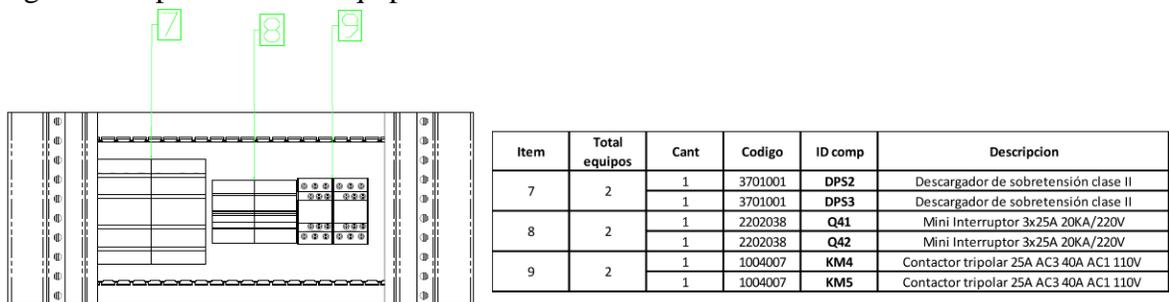


Fuente: Pasante.

Implantación de equipos: Con base a los diseños eléctricos, el diseñador mecánico, en coordinación con el diseñador eléctrico, genera los planos de implantación, ayudado por el software de diseño asistido por computadora AutoCad. Esto consiste en enumerar todos de los equipos eléctricos y seguidamente insertar una tabla la cual debe contener toda la información solicitada por el área de producción como: la ubicación de los equipos tanto de fuerza como de control dentro del tablero, total equipos, cantidad, código, identificación del componente y descripción del material. ver Figura 3, para así a la hora de enviar estos planos a los encargados del ensamble y montaje de equipos eléctricos se les facilite esta actividad, disminuyendo tiempos de entrega, optimizando equipos eléctricos, mejorando su funcionamiento y la calidad del producto final.

A continuación si se observa la Figura 3, nos muestra una implantación simple donde se aprecia que cada componente o equipo eléctrico debe ser instalado de esa manera, se puede ver que los descargadores de sobretensión que son los que corresponden al ítem 7 van uno seguido del otro para poderlos identificar como un solo ítem, esto también aplica para todos los equipos eléctricos como interruptores, contactores, etc. El total de equipos indica el número de equipos eléctricos con la misma descripción. La cantidad o cant como su nombre lo indica es el número de equipos que tienen el mismo código, el código es interno de la empresa, es necesario para llevar un orden de equipos y almacenarlos de una manera ordenada, la identificación de componente o ID comp. Es una abreviatura que se la da al equipo eléctrico dependiendo de su funcionamiento o posición dentro del tablero eléctrico.

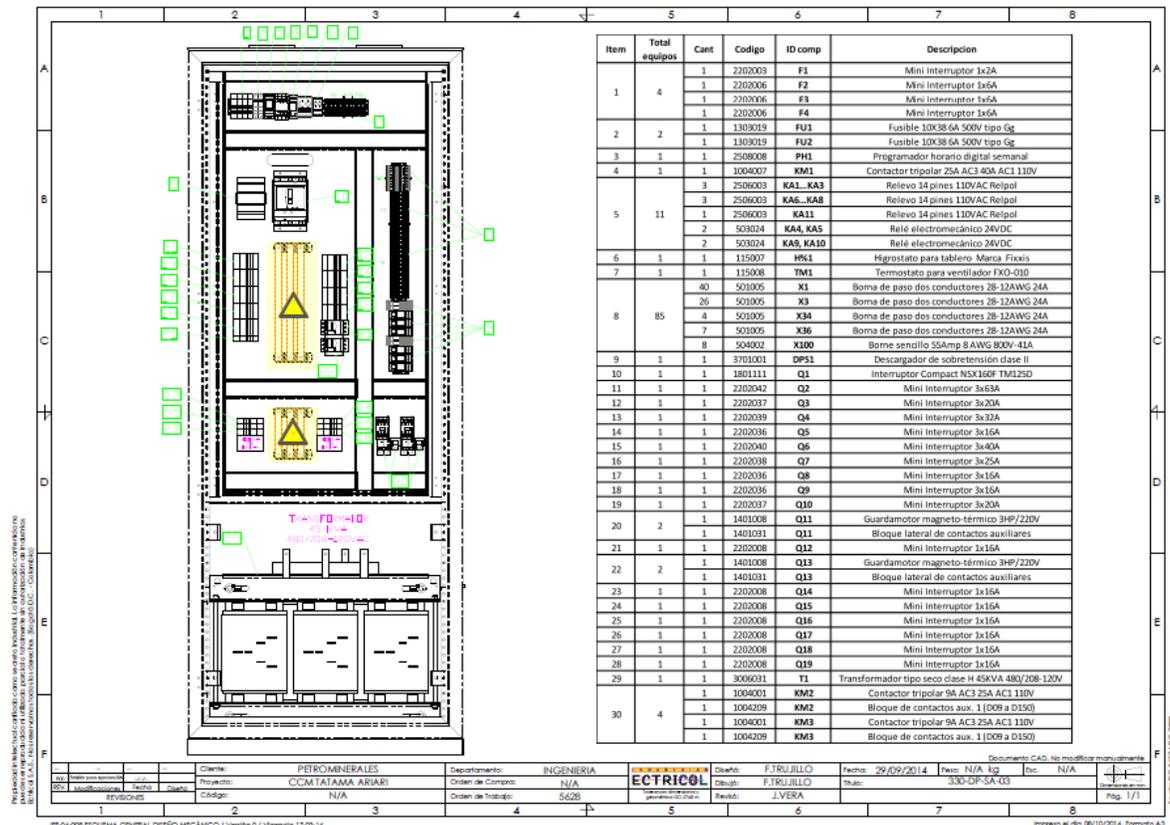
Figura 3. Implantación de equipos.



Fuente: Pasante.

En la Figura 4 se ve una implantación más compleja con todos los componentes ordenados de manera descendente, con su respectivo formato y su tabla que facilitara al área de producción montar los equipos eléctricos de una manera clara, teniendo en cuenta las normas de seguridad que rigen en la fabricación y operación de tableros eléctricos de media y baja tensión, este diseño también sirve como guía para la realización de proyectos futuros con características similares, optimizando tiempos de diseño mecánico, ensamble, montaje de equipos eléctricos, mejorando la calidad del producto final. Supervisando y estandarizando este proceso de la manera adecuada se genera una mayor competencia en el mercado, adquiriendo un mejor posicionamiento a nivel nacional, garantizando un producto de excelente calidad y funcionalidad.

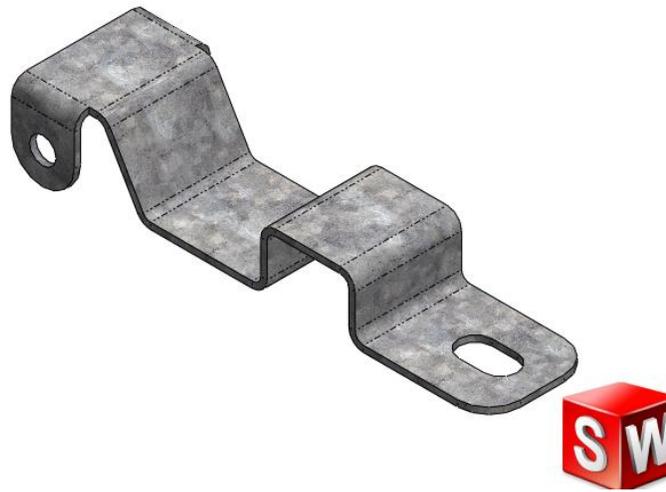
Figura 4. Implantación tablero de servicios auxiliares.



Fuente: Pasante.

Diseño de piezas: para este caso fue necesario establecer archivos de diferentes piezas que no estaban modeladas en el software de diseño SolidWorks, con la opción llamada chapa metálica que nos suministra este software se diseñan las piezas que no se encuentran en la base de datos de programa como: bandejas de soporte, bases de ajuste, correderas, entre otros. Con los diferentes tipos de láminas, calibres y con sus dimensiones exactas, además de sus plano de dobles de lámina. En la Figura 5 podemos apreciar un bloqueador para un interruptor Schneider EZC 100 que fue fabricado en lámina galvanizada calibre 16, este diseño se realizó en el programa SolidWorks, fue estandarizado y archivado en la base de datos del área de diseño mecánico para su utilización y modificación en caso de ser necesaria.

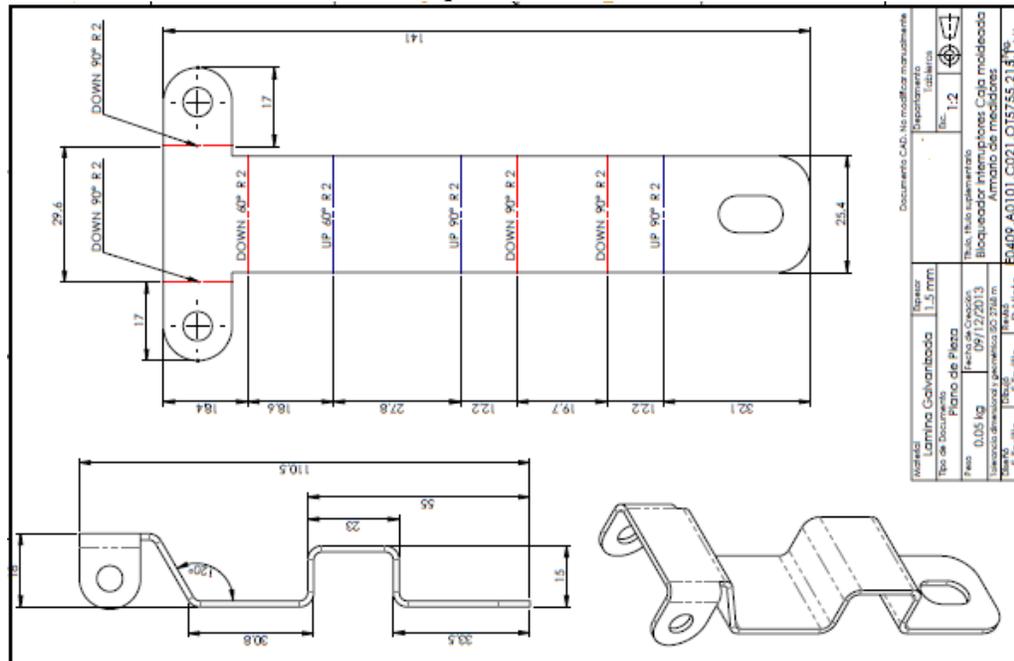
Figura 5. Bloqueador para interruptor Schneider EZC 100



Fuente: Pasante.

En la figura 6 se puede ver el plano de dobles de lámina del bloqueador, este plano es enviado al área de producción para que después de que la máquina punzonadora realice los cortes en la lámina, así genera el perfil del bloqueador. Los operarios de la máquina dobladora realizan los pliegues que están indicados en el plano de doble y de esta manera dar por terminada la elaboración del bloqueador con las dimensiones dadas que luego será pintado y ensamblado en el tablero eléctrico.

Figura 6: Plano de dobles de lámina bloqueador.



Fuente: Pasante.

Objetivo específico 2: Generalizar los procesos de estandarización para los diferentes tableros eléctricos con sus respectivas cargas y controles eléctricos.

Para la estandarización de los tableros eléctricos de media y baja tensión lo primero fue dimensionar todos los tableros eléctricos para que la hora de elegir las medidas adecuadas, el cliente escogiera las que ya estaban adoptadas por la empresa. Luego se llevó un control de todos los diseños mecánicos clasificando e identificando los más solicitados por la demanda empresarial, llevándolos a un análisis minucioso de componentes y estructuras metalmecánica, de esta manera se disminuyó la materia prima, los controles eléctricos se optimizaron reduciendo los componentes eléctricos necesarios para el buen funcionamiento de estos tableros eléctricos, mejoran la calidad del producto final.

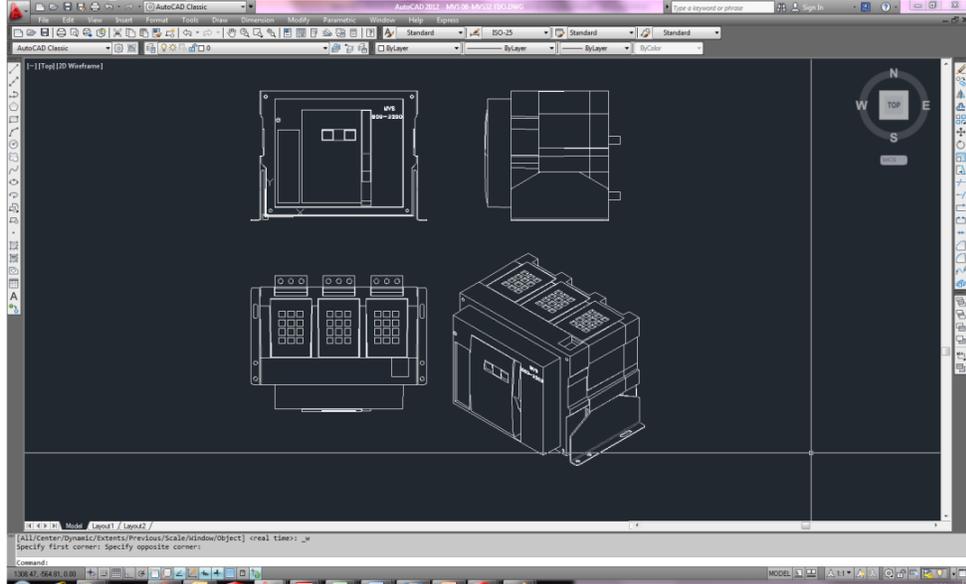
Diseño de equipos eléctricos y accesorios: para la realización de un ensamble mecánico en el software de diseño asistido por computadora como AutoCad es necesario que todos las piezas, accesorios y equipos eléctricos estén modelados previamente, para que de esta manera se puedan realizar los ensambles mecánicos de los tablero eléctricos con las dimensiones sugeridas por el cliente, así tener una visión real del tablero eléctrico antes de su fabricación.

En algunos caso los equipos eléctricos y accesorios no contaban con su diseño en AutoCad o SolidWorks, ya que son equipos nuevos o que simplemente la empresa que los fábrica no cuenta con estos diseños digitales, por consiguiente se dibujaron algunos equipos eléctricos como el que vemos en la Figura 7 que son necesarios para los procesos de montaje de equipos eléctricos y fabricación de los tableros eléctricos.

En la Figura 7 se muestra un Interruptor tipo abierto Master Pact 480-1200, a este interruptor se le tomaron todas las medidas necesarias para su diseño en AutoCad, además debía ser lo más parecido posible a su apariencia real con sus vistas principales y todos sus detalles, este diseño es muy similar al original, para que cuando los futuros diseñadores mecánicos lo vean sepan identificar fácilmente este prototipo y no tengan problemas a la hora de acoplarlo en los diferentes tableros eléctricos.

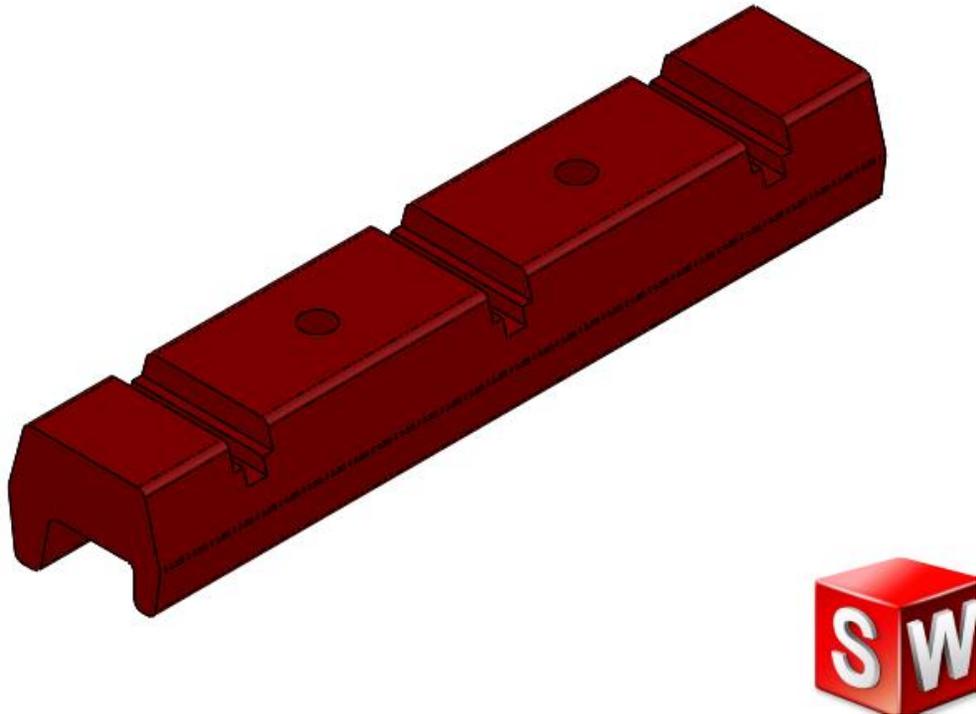
En la figura 8 se observa un aislador tipo barra, este aislador es el que soporta las barras de cobre y permite que no hagan contacto con la estructura metalmecánica produciendo corto circuito, este es un aislador eléctricos, térmico y además es resístete a los esfuerzos mecánico. El aislador fue diseñado en SolidWorks y reposa en la base de datos del área de diseño mecánico, este accesorio es uno de los más utilizados y es de gran importancia en la fabricación la fabricación de tableros eléctricos, por lo que su diseño se realizó inmediatamente se adquirió este producto y la empresa que los fabrica no contaba con esta clase de diseños.

Figura 7. Interruptor tipo abierto Master Pact 480-1200A (Schneider)



Fuente: Pasante.

Figura 8. Aislador tipo barra



Fuente: Pasante.

Configuración de piezas: Una vez se realiza la distribución interna del tablero se configuran las demás piezas como: bandejas, full fondos, correderas, cubículos de control, entre otros.

Posteriormente se procede con la configuración de los barrajes de conexión interna entre equipos, barraje de llegada de acometida principal (en caso que se requiera por dimensionamiento de la misma) y barraje de llegada de acometidas para las cargas, trabajo conjunto con el diseñador eléctrico y basado en el cálculo y dimensionamiento de barrajes y/o interconexiones entre equipos (cable – barraje) según especificaciones técnicas y/o criterios de diseño.

Si se analiza la Figura 9 facilitara el entendimiento de las diferentes perforaciones permitidas para los distintos calibres de barraje de cobre según la norma DIN 43673, además de las distancias pertinentes de una perforación a otra para que haya una buena conductividad eléctrica y no se generen perdidas eléctricas ni cortos circuitos en el barraje principal ni en sus ramificaciones. La unidad de los valores mostrados es en **mm**, esto significa que para una barra de 12 mm de ancho la mayor perforación debe ser de 5.5 mm, la distancia del borde de la barra de cobre a la primera perforación es de 6 mm, este valor también aplica para las distancias entre perforaciones.

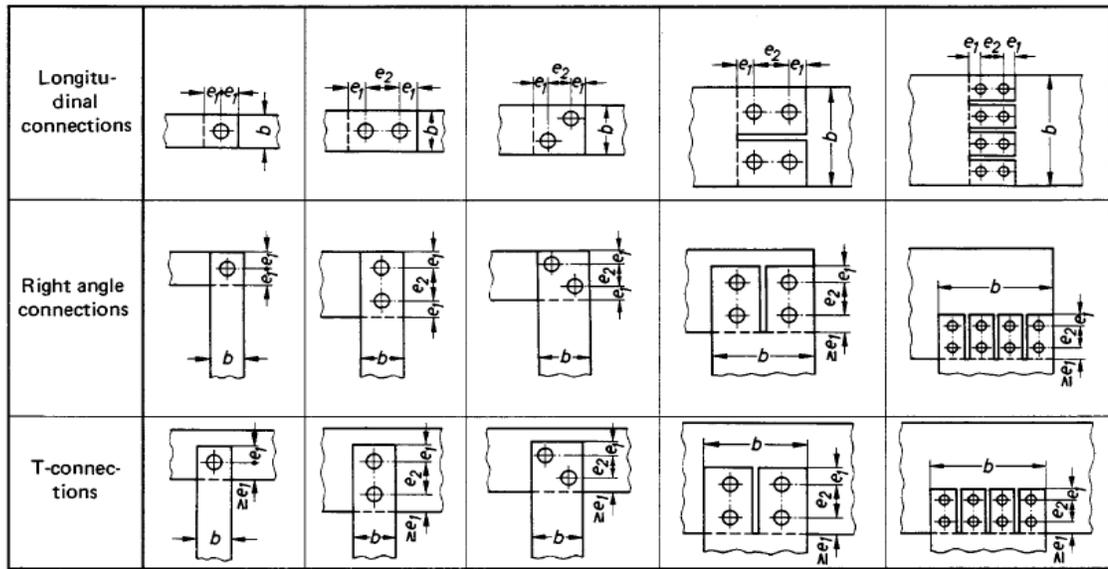
La Figura 10 enseña cómo deben ser los acoples de la barra principal de cobre a sus ramificaciones según la norma DIN 43673, las unidades de la Figura 9 aplican también para la Figura 10, por consiguiente la Figura 9 y la Figura 10 están enlazadas por la misma norma.

Figura 9. Norma DIN 43673

		Busbar widths														
Shape ¹⁾		12 to 50			25 to 60			60			80 to 120			160 to 200		
Drilled holes at the ends of the busbars (drilled hole pattern)																
Dimensions of drilled holes		Nominal width b	d	e ₁	d	e ₁	e ₂	e ₁	e ₂	e ₃	e ₁	e ₂	e ₃	e ₁	e ₂	e ₃
Drilled holes	12	5,5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	6,6	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	9,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	11	12,5	11	12,5	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	11	15	11	15	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	13,5	20	13,5	20	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	13,5	25	13,5	20	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	60	-	-	13,5	20	40	17	26	26	-	-	-	-	-	-	-
	80	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	40	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	50	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	60	-	-	-	-	
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	40	-	
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	40	50	-	

Fuente: <http://www.din.de>

Figura 10. Norma DIN 43673

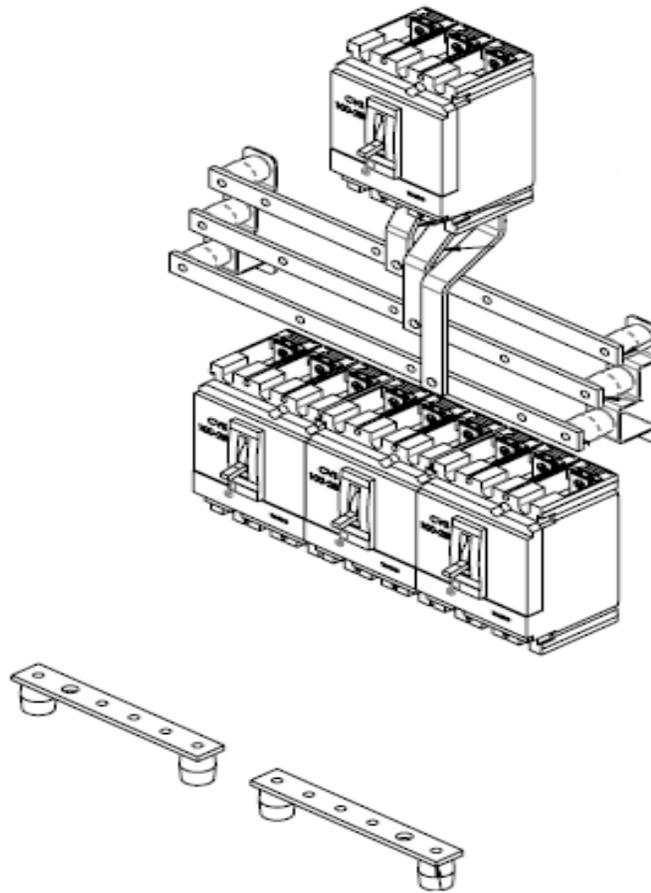


Fuente: <http://www.din.de>

La Figura 11 nos muestra un explosionado de barraje de cobre que fue diseñado en base a un diagrama unifilar (ver figura 12) donde se especificó la ubicación de cada interruptor con su conexión (cable – barraje), dimensiones del barraje principal, cantidad de fases, numero de perforaciones para las barras de neutro y tierra con sus dimensiones. La figura contiene un barraje principal que a su vez se acopla a todos los interruptores por medio de barraje o cable, para este caso es necesario ubicar tres barra, una barra por fase. En la parte superior se encuentra el totalizador o interruptor principal acoplado con barras al barraje principal, en la parte inferior vemos tres interruptores que también van conectados al barraje principal pero contrario al totalizador estos interruptores van conectados con cable por eso no se puede ver su conexión pero si se pueden identificar las perforaciones de llegada al barraje principal. Para este diseño de barraje la conexión de entrada en por la parte superior ósea por el totalizador y sus salidas parciales es por la parte inferior. Por último vemos las barras de neutro y tierra con sus respectivas perforaciones. Todos los tableros en general deben tener la barra de tierra por norma de seguridad.

Todos las barras de cobre que están sujetas a la estructura deben llevar su respectivo aislante eléctrico para proteger al operario y la estructura de tablero de un corto circuito, además por seguridad todas las barra de cobre deben tener una distancia mínima de 25mm y así cuando están barras de cobre vibren o presenten esfuerzos mecánicos no hagan contacto unas con otras.

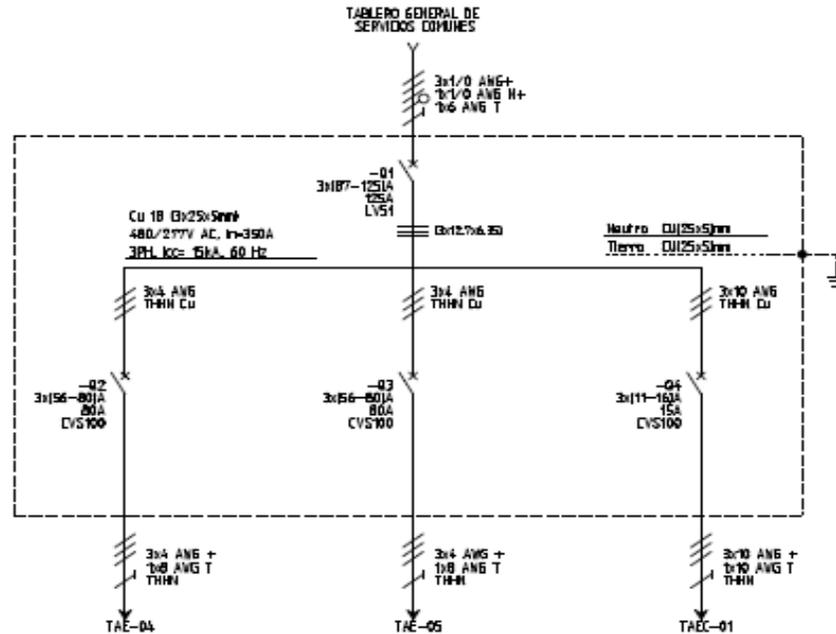
Figura 11. Explosionado barraje de cobre



Fuente: Pasante.

Diseño mecánico de celdas y tableros eléctricos: Los criterios para el inicio del diseño mecánico son: Tensión nominal, corriente nominal, corriente de corto circuito, marca y tipo de equipos, calibre y cantidad de conductores, dimensiones de la estructura, disipación de energía de los equipos a instalar, tipo de acometida, requerimiento de encerramiento, tipo de chapa, tipo de empaque del tablero, diagrama unifilar (ver Figura 12), diagrama de control.

Figura 12. Diagrama unifilar (Tablero general de servicios comunes)



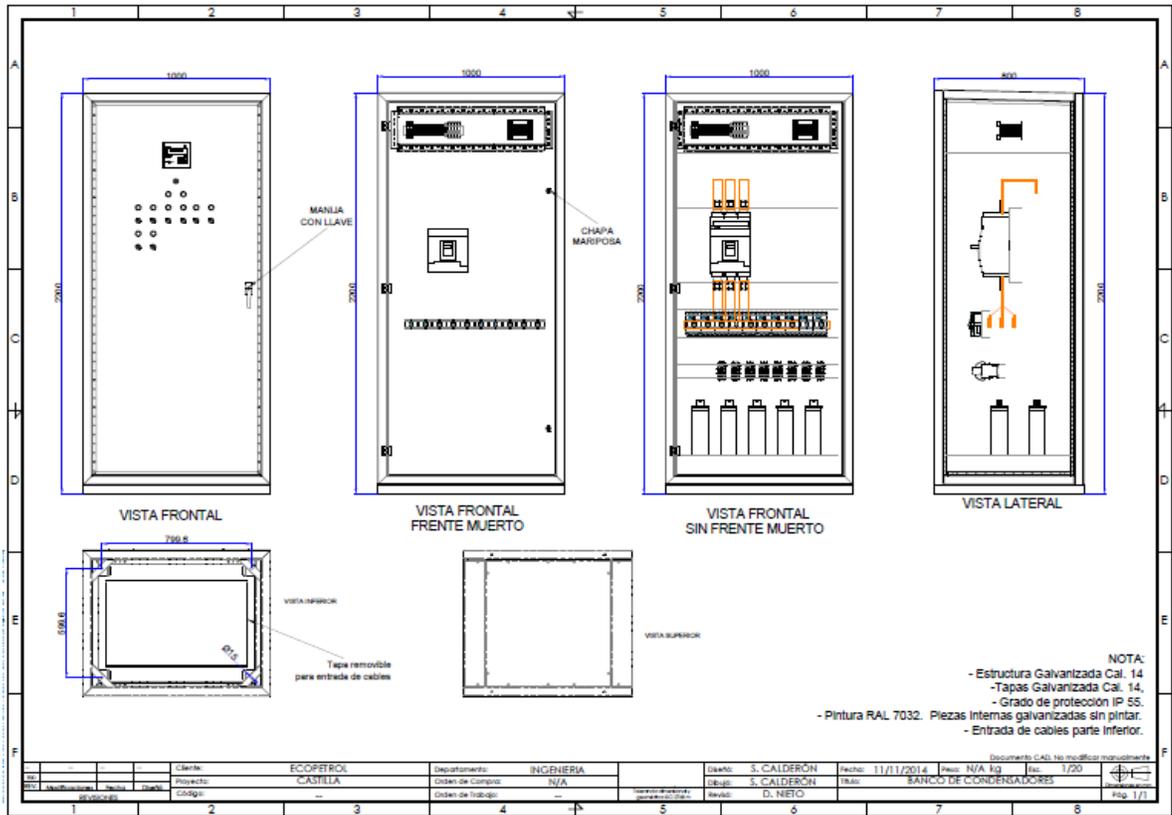
Fuente: Pasante.

Los criterios para el inicio del diseño mecánico son: Tensión nominal, corriente nominal, corriente de corto circuito, marca y tipo de equipos, calibre y cantidad de conductores, dimensiones de la estructura, disipación de energía de los equipos a instalar, tipo de acometida, requerimiento de encerramiento, tipo de chapa, tipo de empaque del tablero, diagrama unifilar, diagrama de control.

Adicional se diseña con las solicitudes particulares de cada cliente respecto a dimensiones equipos eléctricos, configuración de equipos y disposición física obedeciendo normas nacionales e internacionales, como NTC 2050, RETIE, NEMA 250, IEC 61439, IEC 60890 y DIN 43671.

En la Figura 13 podemos ver un plano de aprobación con sus vistas principales, dimensiones y especificaciones solicitadas por el cliente para un banco de condensadores, en la parte inferior derecha se encuentran se puede apreciar las características de este tablero eléctrico. Este plano debe ser aprobado por el cliente antes de su fabricación, de tal manera que es obligación de la empresa ensamblar los equipos eléctricos, dimensionar el tablero y ubicar los accesorios de igual manera como se ve en el plano de aprobación, para que no hallan inconvenientes con el cliente en el momento de entrega del tablero ya que este acepto con anterioridad la ejecución de este proyecto.

Figura 13. Vistas principales (Banco de condensadores)



Fuente: Pasante.

El diseño mecánico comprende la configuración de la estructura del tablero, configuración de piezas, generación planos para construcción, generación de planos de barraje e implantación de equipos.

Para gestionar la información del diseño mecánico se utiliza una herramienta informática llamada Vault que funciona dentro del software de diseño SolidWorks, la cual permite el almacenamiento de los diseños, control de acceso a usuarios, control de revisiones y modificaciones.

Los usuarios pueden tener diferentes niveles de acceso agrupados en 3 tipos. Administradores con control total, diseñadores con acceso para crear y modificar diseños y usuarios que son únicamente visualizadores de los diseños. Solamente los administradores pueden liberar o desbloquear un diseño para la modificación, lo que garantiza llevar un control de cambios.

Configuración de la estructura del tablero: La estructura de los tableros se deben diseñar en lámina mínimo calibre 16 (1.5 mm) para cofres y mínimo calibre 14 (1.9mm) y máximo en calibre 12 (2.5mm) para los tableros. Las tapas y puertas se diseñarán como mínimo en

calibre 16 (1.5mm) y máximo en calibre 14 (1.9mm). Dependiendo el grado de protección y el uso que se le vaya a dar al tablero, ya sea interior o exterior se usará un determinado tipo de lámina. Para usos en interiores, el tablero se diseñará en ColdRolled pintado. Para el caso en el cual las especificaciones soliciten un grado de protección más elevado, el tablero se fabricará en lámina galvanizada pintada o en acero inoxidable.

Para grados de protección que soliciten restricción a la entrada de polvo o agua, se requiere que el diseño de la estructura sea completamente soldada para que no haya riesgo de discontinuidades que permitan el ingreso de polvo o agua. Adicionalmente, que disponga de espacio suficiente para la instalación de empaque y que este esté correctamente presionado. Esto se logra mediante dobleces en el marco, el cual genera una especie de laberinto y que a su vez genera una superficie con la cual se hará presión al empaque. Este empaque ha de ser de neopreno y se fijará correctamente a la lámina para evitar su desprendimiento. Por otra parte, el techo será plano o deberá tener una inclinación no inferior a 1° para evitar acumulación de agua en su superficie. Este techo deberá ser continuo y sin ningún tipo de perforación.

Para grados de protección menos exigentes pero que requieren evitar el ingreso de partículas o goteos, el diseño de la estructura será desarmable en su profundidad, con marcos frontal y posterior soldados, así como aristas de puertas y tapas. La estructura debe contemplar espacios para la instalación de empaque, aristas suficientes que ejerzan presión al empaque. Este empaque puede ser espumoso ya que tableros con este grado de protección serán de uso interior. El techo será plano pero instalado igualmente con empaque.

Para grados de protección bajos (IP20, IP30), el diseño de la estructura será como el anterior, sólo que no llevará empaque. Las puertas y tapas no llevarán soldadura en sus aristas.

Objetivo específico 3: Determinar las actividades de corrección en planos eléctricos y mecánicos en los procesos solicitados por la empresa.

Terminado el diseño, los diseñadores del proyecto en conjunto con un diseñador eléctrico y uno mecánico asignados por el coordinador de diseño y diferentes a los determinados al proyecto, realizan una verificación de estos.

El diseñador eléctrico asignado para la verificación, tiene la responsabilidad de corroborar datos que contendrá la placa de cada tablero (Vn, In, Icc, grado de encerramiento, etc.) de acuerdo al unifilar y especificaciones del cliente. En caso de ser necesario, la funcionalidad de los planos de control debe ser verificada mediante una prueba de escritorio.

Una vez se realizan las observaciones pertinentes los diseñadores debe hacer las correcciones en los planos (en caso que se requieran), para la revisión de los diseños eléctricos, estos deben archivar en una carpeta física por diseñador, en donde se almacenan los planos firmados por quien revisa el diseño. Para el caso del diseño mecánico todos los ensambles están controlados por el sistema de gestión de archivos “Vault” de SolidWorks.

Después de realizar las correcciones resultantes de la revisión, el diseñador eléctrico debe imprimir los planos para entrega a producción y en conjunto con los diseñadores externos, se verificara que se hayan realizado todos los cambios sugeridos, posteriormente se da el aval para la entrega a producción.

Así mismo el diseñador mecánico debe subir al “Vault” los planos y documentos para la fabricación en la carpeta designada por los administradores, con el fin que se verifique que se hayan realizado los cambios sugeridos y envíe a los coordinadores de producción un correo electrónico con la ruta donde se encuentra la información completa para fabricación.

Entregables diseño mecánico: Una vez se tiene la configuración del tablero en su totalidad, el diseñador mecánico debe generar, desde el software Solidworks y archivarlo en el Vault con el número de la OT (orden de trabajo), la siguiente información para su fabricación:

-Especificaciones generales de construcción montada en el formato Especificaciones generales de construcción: este formato debe estar diligenciado en su totalidad por el diseñador mecánico con ayuda del diseñador eléctrico y el administrador de proyectos. Si en algún caso no se cuenta con toda la información sugerida, el tablero eléctrico no será enviado a fabricar y se retrasara el proceso de fabricación, a continuación veremos un formato diligenciado y aprobado para su fabricación (ver Figura 14).

- Plano explosionado del ensamble metalmecánico del tablero: Este plano se genera con ayuda del software de diseño asistido por computadora SolidWorks y muestra el despiece de la estructura metalmecánica con sus bandejas de soporte, correderas, puerta, frente muerto, entre otros (ver Figura 15), además se anexa una tabla donde se especifican todas las piezas que conforman esta estructura, y así los encargados de realizar el ensamble mecánico no tengan inconvenientes en esta etapa del proceso, también podrán verificar que todas las piezas estén de acuerdo al plano enviado por el diseñador mecánico .

También es necesario enviar junto con el plano explosionado del ensamble metalmecánico, los planos de dobles de las piezas que no se consideren estándar, ya que sus características son diferentes en todos los tablero y se deben fabricar de una manera más cuidadosa para que encajen en el tablero eléctrico a la hora de su ensamble, estas piezas suelen ser: bandejas de ajuste, puertas, soportes, entre otro. En algunos casos estas piezas son demasiadas así que solo veremos un ejemplo de estas. (Ver Figura 16)

Figura 14. Especificaciones generales de construcción.

	ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN TABLEROS			Versión	1
	IEF-04-015			Vigencia	20/10/2014
				Página	de
Consecutivo	LISTADO DE FABRICACIÓN				10
Cliente:	IC INTELRED LTDA			Requiere Interventoría:	
Proyecto:	PARQUE CENTRAL TINTAL S/E.2			No	
Encargado:	J. Chitiva			Orden de Trabajo	
Tiempo de Entrega:				5609	
TAG:	TABLERO GENERAL DE SERVICIOS COMUNES			Planos de Aprobación	
Diseño:	F. Trujillo			Si	
O.F. Mecánica		O.F. Eléctrica		Item	5,0
Grado de Protección:	IP	43	Uso:	Exterior	
Identificación:	Tablero			Fecha de Solicitud:	13/11/2014
Tipo:	Servicios Comunes			Cantidad:	1

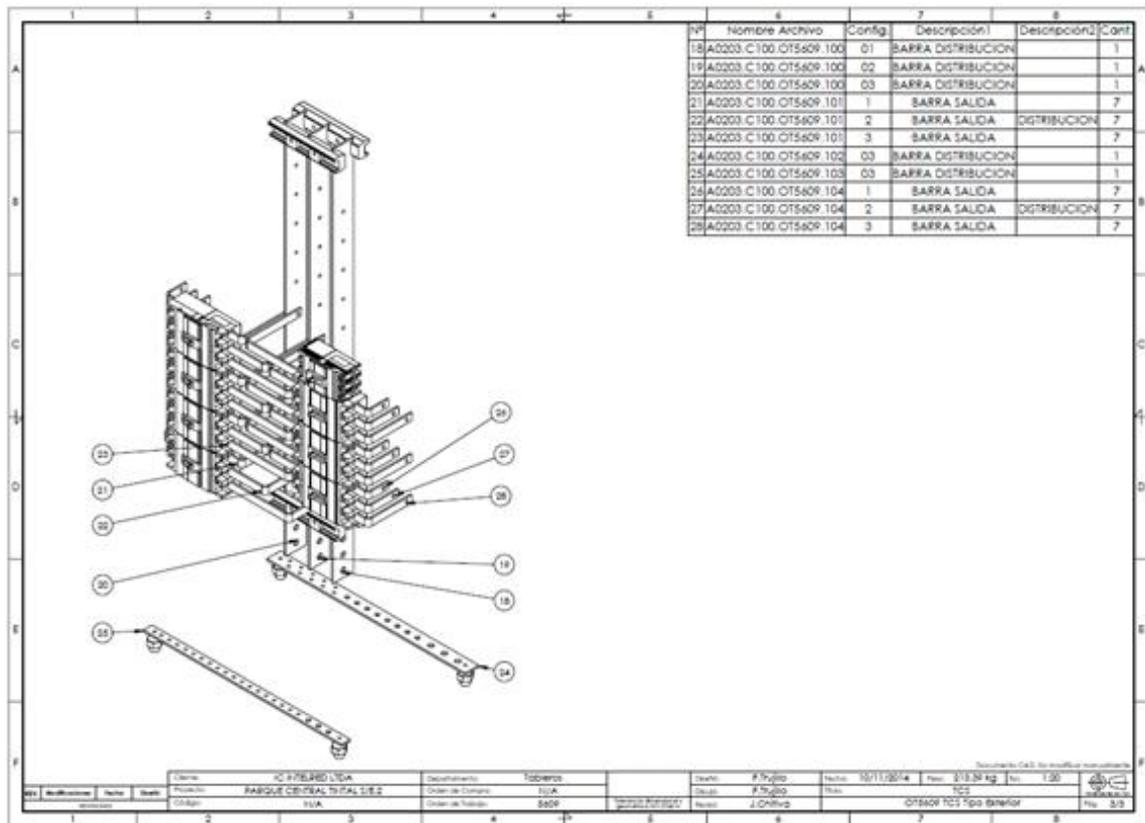
Dimensiones (mm)		Adicionales	
Alto + Base	1800	Empaque	Si
Frente	800	Visor	No
Profundo	500	Izaje	Argolla M12
Lámina		Chapa	
Tipo	Galvanizada	Puerta	TP portacandado A. Inox
Tornillería	A. Inox	Frente Muerto	Mariposa sin llave
Calibre		Pintura	
Estructura	14	Color	RAL 7032
Tapas	14	Tipo	Texturizada
Base	Lam. Galv. Cl. 14	Piezas Internas	Galv. Sin Pintar
Posición Acometida		Salidas Parciales	
Base - Centro		Abajo	
Acometida	Cable 3(3X500MCM)+1X4(DAWG)	Forma de Entrega	Plataforma camión
Embalaje Final	Con estiba	Ciudad de Instalación	Bogota
Barraje Principal			
Dimensión	60 x 5 mm	Tratamiento	Desnuda
Celdas de Medida			
Equipada	N/A		
Armario de Cuentas			
Cantidad Cuentas	N/A	Ubicación Totalizador	N/A
Tipo	N/A	Ducto	N/A
Marca Interruptor	N/A	Referencia	N/A
Bloqueador AE319			
Marca Interruptor	N/A	Referencia	N/A
Entrada Cables	N/A	Bloqueador Vault	N/A

Fuente: Pasante.

- Plano explosionado de ensamble de barraje: Este plano nos muestra la conexión del barraje principal con los equipos eléctricos y su respectiva tabla de componentes, de esta manera los encargados del ensamble de cobre pueden corroborar que el proceso se realizó de acuerdo a lo acordado con el diseñador mecánico, como lo vemos en la Figura 17, ya que el cobre es muy importante en la fabricación de los tableros eléctricos además de ser costoso, se deben ser muy claro en la elaboración de los barrajes para que no se presenten pérdidas de material.

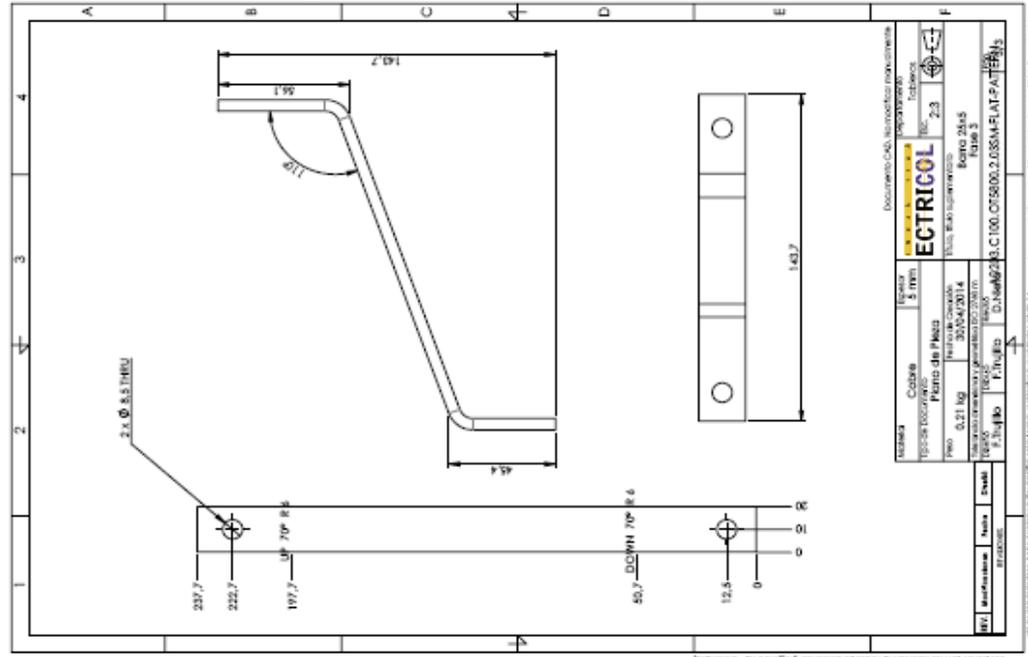
Para el caso del cobre se deben enviar todos los planos de dobles de barraje con sus perforaciones ubicadas adecuadamente para su ensamble, estos planos en ningún caso son estándar ya que sus dimensiones y perforaciones cambian de un tablero a otro, en la Figura 18 veremos un plano de dobles para una barra de cobre.

Figura 17. Explosionado de barraje de cobre.



Fuente: Pasante.

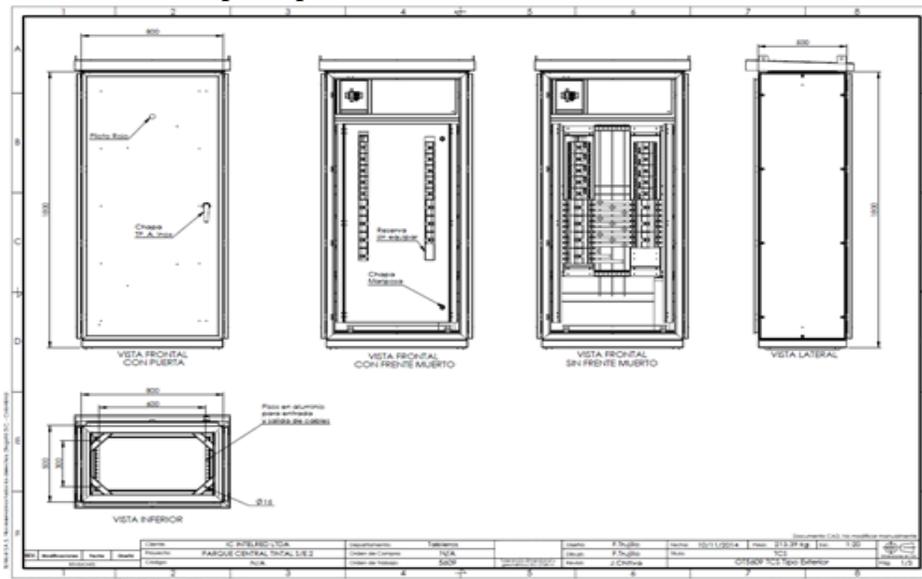
Figura 18. Plano dobles para barra de cobre.



Fuente: Pasante.

- Plano con vistas frontales de la distribución interna y externa del tablero: este plano muestra la apariencia del tablero con todas sus vistas principales, con base a este plano el área de producción dimensiono el tablero, ensambla los equipos eléctricos, frente muerto, puerta y accesorios. Como se observa en la Figura 19.

Figura 19. Plano de vistas principales



Fuente: Pasante.

Revisión del diseño y desarrollo: En las etapas adecuadas, deben realizarse revisiones sistemáticas del diseño y desarrollo de acuerdo con lo planificado. Evaluar la capacidad de los resultados de diseño y desarrollo para cumplir los requisitos, identificar cualquier problema y proponer las acciones necesarias.

Los participantes en dichas revisiones deben incluir representantes de las funciones relacionadas con la(s) etapa(s) de diseño y desarrollo que se está(n) revisando. Deben mantenerse registros de los resultados de las revisiones y de cualquier acción necesaria.

Validación del diseño: Durante la etapa de fabricación (punzonado, doblado, soldadura, pintura, pre ensamble, cableado) por parte del área de producción se deben evidenciar las desviaciones del diseño eléctrico y mecánico; las observaciones que surjan deben ser consultadas al área de ingeniería para realizar los respectivos ajustes.

Los planos eléctricos y mecánicos con las correcciones y modificaciones generadas durante el proceso de producción y pruebas, se almacenarán en la carpeta física durante dos años, posterior a ello se pasarán a un medio magnético que tiene el diseñador, a cargo del proyecto como evidencia de la validación del diseño.

En caso que el proyecto lo requiera se deberán realizar de nuevo las pruebas en conjunto con el cliente o con la interventoría que haya sido asignada, con el fin de obtener su aprobación.

NOTA: Vale enfatizar que en la parte final de este documento se puede observar de manera más clara algunos anexos con figuras similares a las anteriormente mencionadas, además de otras que podrán ser de utilidad para el mayor entendimiento del lector, de esta manera se puede apreciar todo el proceso de diseño mecánico realizado para los tableros eléctricos de media y baja tensión.

4. DIAGNOSTICO FINAL

Finalmente se estandarizan los procesos de diseño y construcción de tableros eléctricos de media y baja tensión, llevando una supervisión minuciosa en cada etapa de los proyectos, erradicando las falencias se redujeron los tiempos de entrega, se renovaron los métodos de diseño y construcción, fomentando una mejor calidad en el producto final, dado que se estaban generando pérdidas de materia prima en el área de producción e incumplimiento de tiempos de entrega en el área de diseño.

Mi aporte a la empresa como ingeniero mecánico fue mejorar la supervisión de diseño y construcción de tablero eléctricos de media y baja tensión en la industrias Ectricol SAS. Ubicada en Funza Cundinamarca, eliminando el retroceso en el área de diseño, capacitando a los involucrados y disminuyendo las pérdidas de materia prima, aumento el rendimiento de la empresa reduciendo considerablemente los costos de fabricación. De la misma manera se estandarizaron piezas y accesorios que no existían pero que eran de suma importancia para la funcionalidad y calidad de los tableros eléctricos. Cumpliendo con las normas de seguridad requeridas para la fabricación y operación de estos tableros.

Innovando de manera significativa la producción de los tableros eléctricos se originó un mayor interés por parte del cliente, esto conllevó a la empresa a adquirir nuevos y mejores proyectos a futuro, estimulado a la empresa a crecer más a nivel competitivo e industrial.

5. CONCLUSIONES

Se identificó y mejoró los procesos de implantación de equipos en los diferentes proyectos de producción en las diferentes áreas de la empresa industrias Ectricol SAS. Ubicada en Funza, Cundinamarca.

Se diseñaron piezas y accesorios en SolidWorks y AutoCad que no existían, se estandarizaron y luego se archivaron.

Paralelamente se generaron los procesos de estandarización para los diferentes tableros eléctricos de media y baja tensión con sus respectivas cargas y controles eléctricos.

Se enfatizó la comunicación entre el área de diseño y el área de producción, para identificar los inconvenientes que se presentan y erradicarlos inmediatamente.

Por último se determinó las actividades de supervisión y corrección de planos eléctricos y mecánicos en los procesos solicitados por la empresa

6. RECOMENDACIONES

Supervisar de manera constante y mejorar los diseños de planos de aprobación que serán enviados al cliente, para así obtener una pronta y satisfactoria respuesta.

Verificar cuidadosamente los diseños que serán enviados al área de producción, esto lo debe realizar un diseñador mecánico y otro eléctrico que no estén involucrados directamente con el proyecto, así se generan nuevos puntos de vista que serán tomados en cuenta para mejorar la calidad del producto.

Registrar mediante un formato todos los altercados que se presenten en el momento del diseño y fabricación de los tableros eléctricos, y de esta manera los nuevos integrantes de la empresa sabrán los posibles inconvenientes que se presentan a la hora de diseñar y fabricar los tableros eléctricos y sepan cómo evadirlos.

Estandarizar de manera continua todas las nuevas piezas generadas por el área de diseño, que faciliten los procesos de ensamble mecánico, y que además contribuyan a mejorar la funcionalidad de los tableros eléctricos, optimizando materia prima y aumentando la calidad del producto final.

BIBLIOGRAFÍA.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. RETIE 2013 “Min Minas, Minsnterio de Minas y Energia”

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. NTC 2050

Norma Tecnica Colombiana. NTC 3475

Norma Tecnica Colombiana. NTC 3278

INTERNATIONAL STANDARD, NORME INTERNATIONALE. IEC 60439-1

INTERNATIONAL STANDARD, NORME INTERNATIONALE. IEC 60439-2

INTERNATIONAL STANDARD, NORME INTERNATIONALE. IEC 60529

NEMA, Setting Standards for Excellence. NEMA 250-2003

RAPPORT TECHNIQUE, TECHNICAL REPORT. IEC890

DEUTSCHES NORMEN. Stromschienen aus Kupfer, DIN 43671

DEUTSCHES NORMEN. Drilled holes and screw connections for busbars, DIN 43673

Norma Española, UNE-EN 60617-7

INTERNATIONAL STANDARD, NORME INTERNATIONALE. IEC 61346-2

CODENSA. Likinormas

REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS

CODIGO ELECTRONICO COLOMBIANO. Norma Técnica colombiana 2050. [En línea]. Ubicado en la URL: http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC_2050.pdf

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. NTC 3475. [En línea]. Ubicado en la URL: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC3475.pdf>

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. NTC 3278. [En línea]. Ubicado en la URL: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC3278.pdf>

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. NTC 3279. [En línea]. Ubicado en la URL: <http://file.yizing.com/313680/2008091706515095.pdf>

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC 60890.[En línea]. Ubicado en la URL:<file:///C:/Users/desarrollo1/Downloads/60890-2009.pdf>

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC 60617.[En línea]. Ubicado en la URL: http://electricistas.webcindario.com/Norma%20UNE-EN%2060617-7_1997%20-%20Simbolos%20Graficos%20para%20Esquemas%20electricidad.pdf

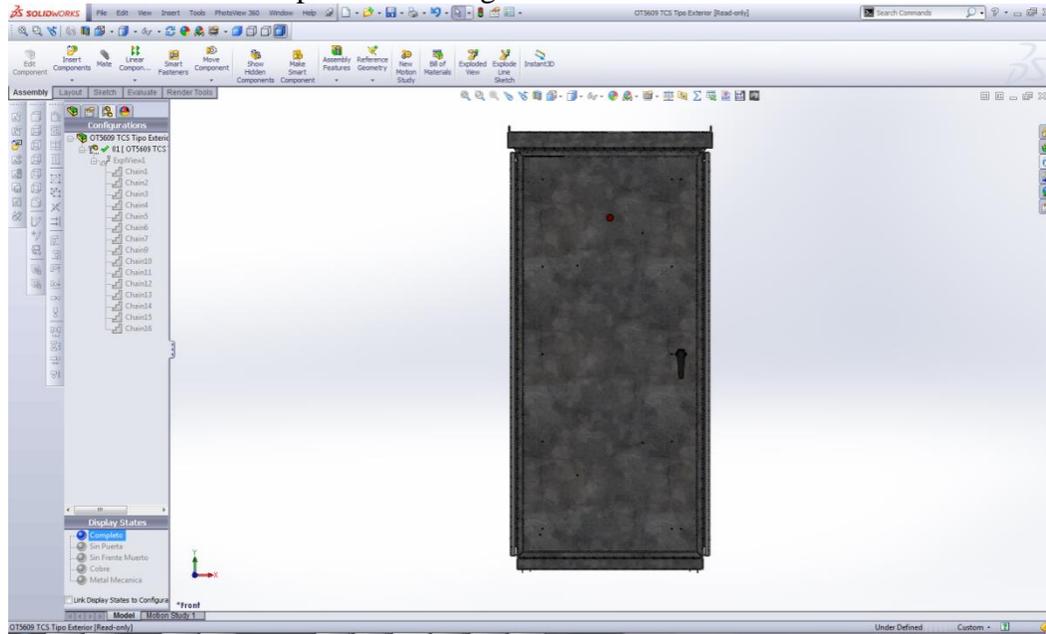
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Clasification of objects and codes for clases. IEC 61346-2.[En línea]. Ubicado en la URL: http://tc3.iec.ch/meetings/sc3b/1997/new_delhi/pdf/3bnd3.pdf

THE ASSOCIATION OF ELECTRICAL EQUIPAMENT AND MEDICAL IMAGING MANUFACTURES. Condiciones ambientales. Tipos de envolvertes. [En línea]. Ubicado en la URL: <https://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/NEMA%20Tipos%20de%20Envolvertes.pdf>

REPUBLICA E COLOMBIA. Ministerio de Minas y Energía. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas. [En línea]. Ubicado en la URL: <http://www.minminas.gov.co/documents/10180/562602/Reglamento+Tecnico+RETIE.pdf/e51beb26-984b-4fae-ab50-e8de5fb436d2>

ANEXOS

Anexo A. Vista frontal con puerta tablero general de servicios comunes SolidWorks.



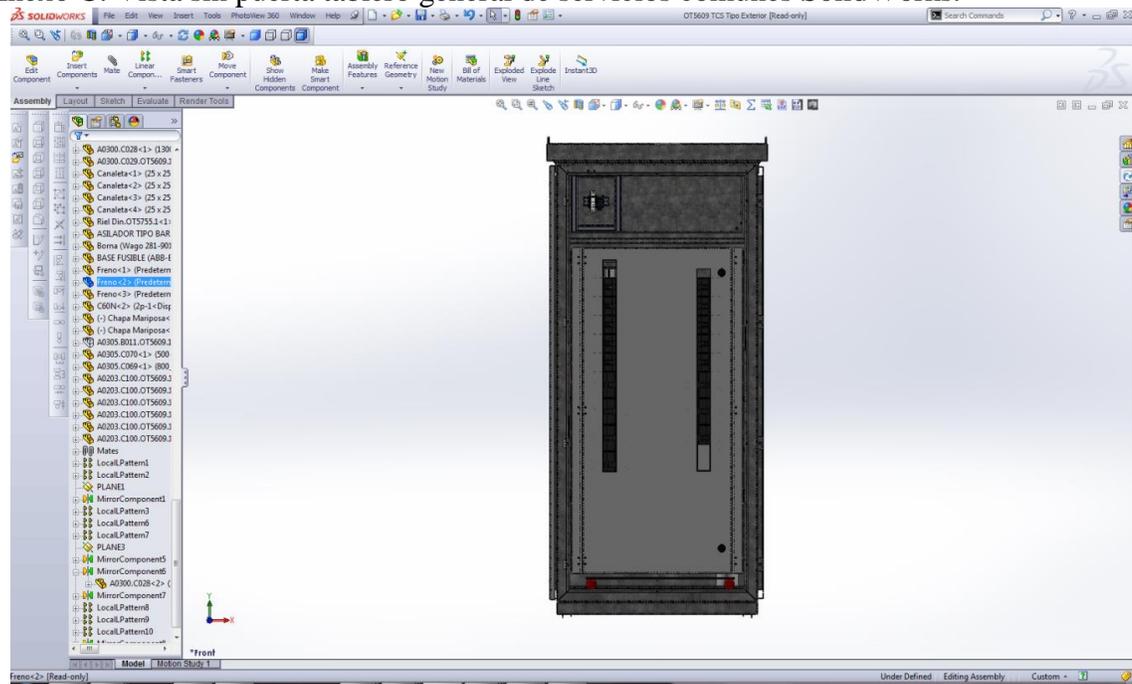
Fuente: Pasante.

Anexo B. Vista frontal con puerta tablero general de servicios comunes real.



Fuente: Pasante.

Anexo C. Vista sin puerta tablero general de servicios comunes SolidWorks.



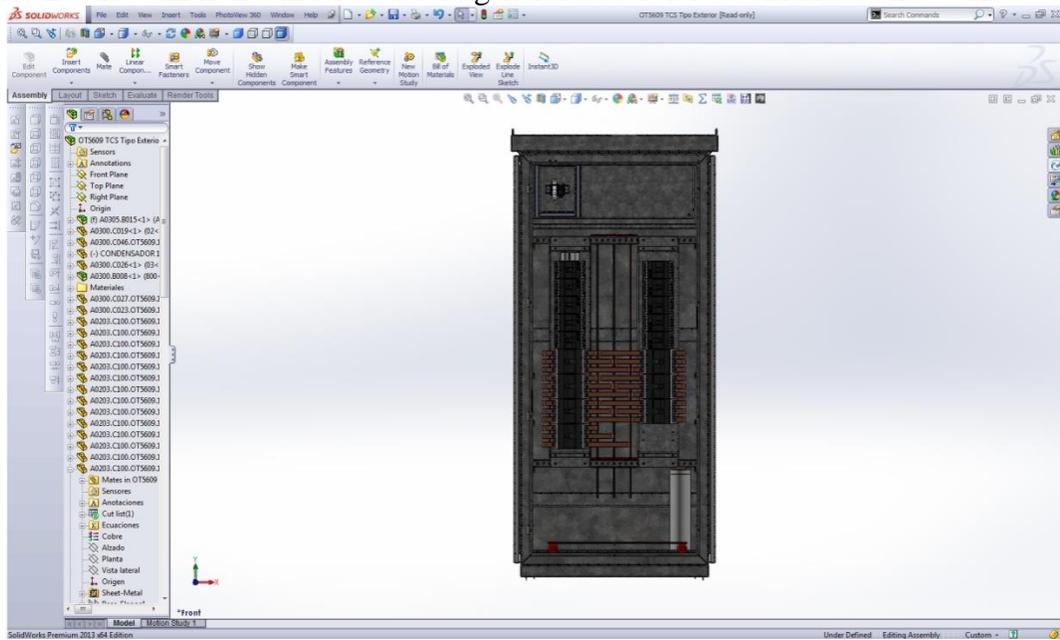
Fuente: Pasante.

Anexo D. Vista sin puerta tablero general de servicios comunes real.



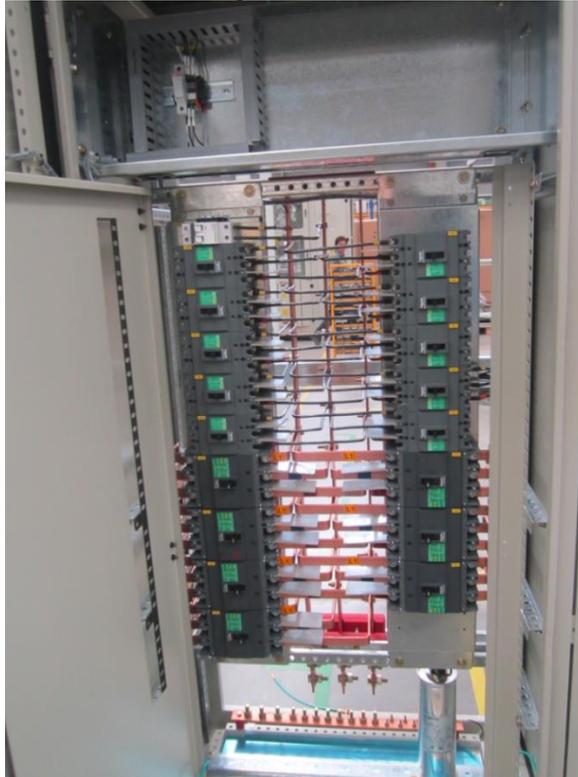
Fuente: Pasante.

Anexo E. Vista sin frente muerto tablero general de servicios comunes SolidWorks.



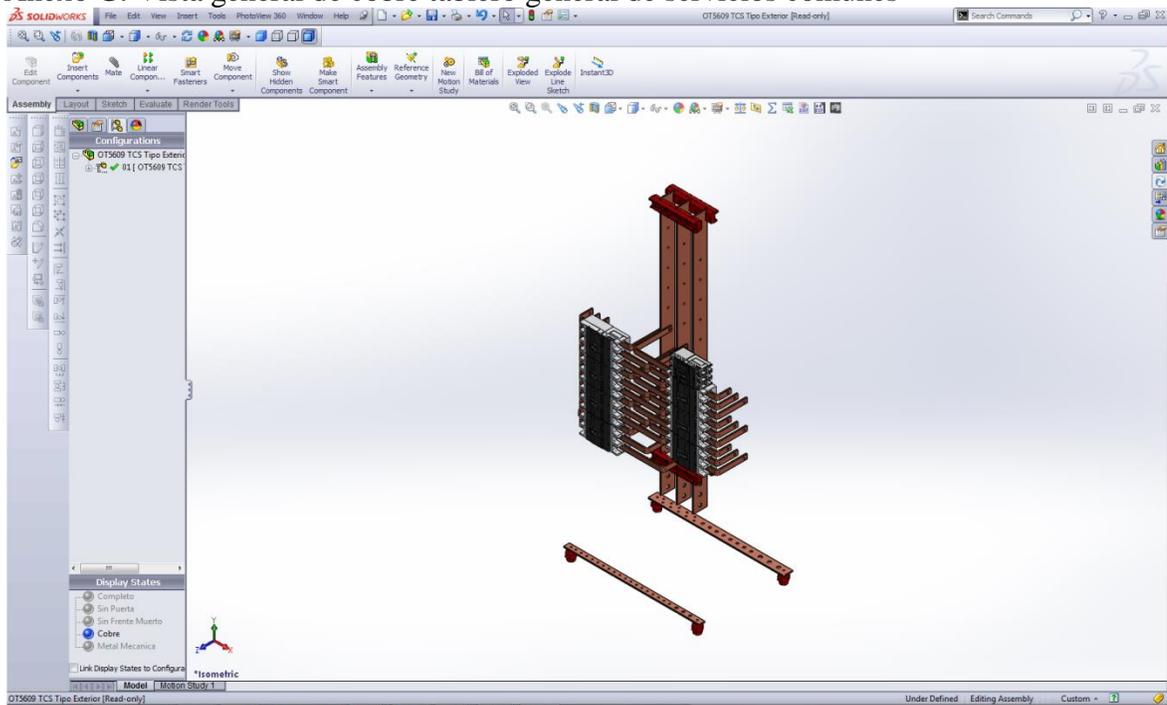
Fuente: Pasante.

Anexo F. Vista sin frente muerto tablero general de servicios comunes real.



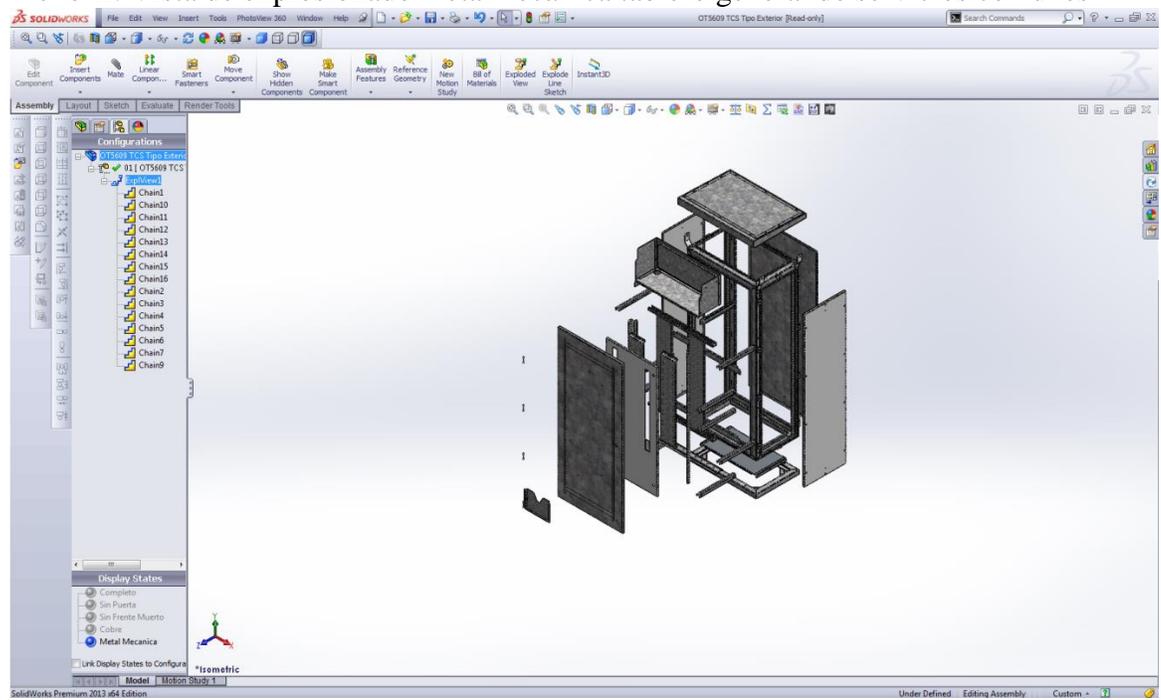
Fuente: Pasante.

Anexo G. Vista general de cobre tablero general de servicios comunes



Fuente: Pasante.

Anexo H. Vista de explosionado metalmecánica tablero general de servicios comunes



Fuente: Pasante.

EJEMPLO DE ENTREGABLES DISEÑO MECANICO TABLERO GENERAL DE SERVICIOS COMUNES

ANEXO I. Especificaciones generales de construcción.

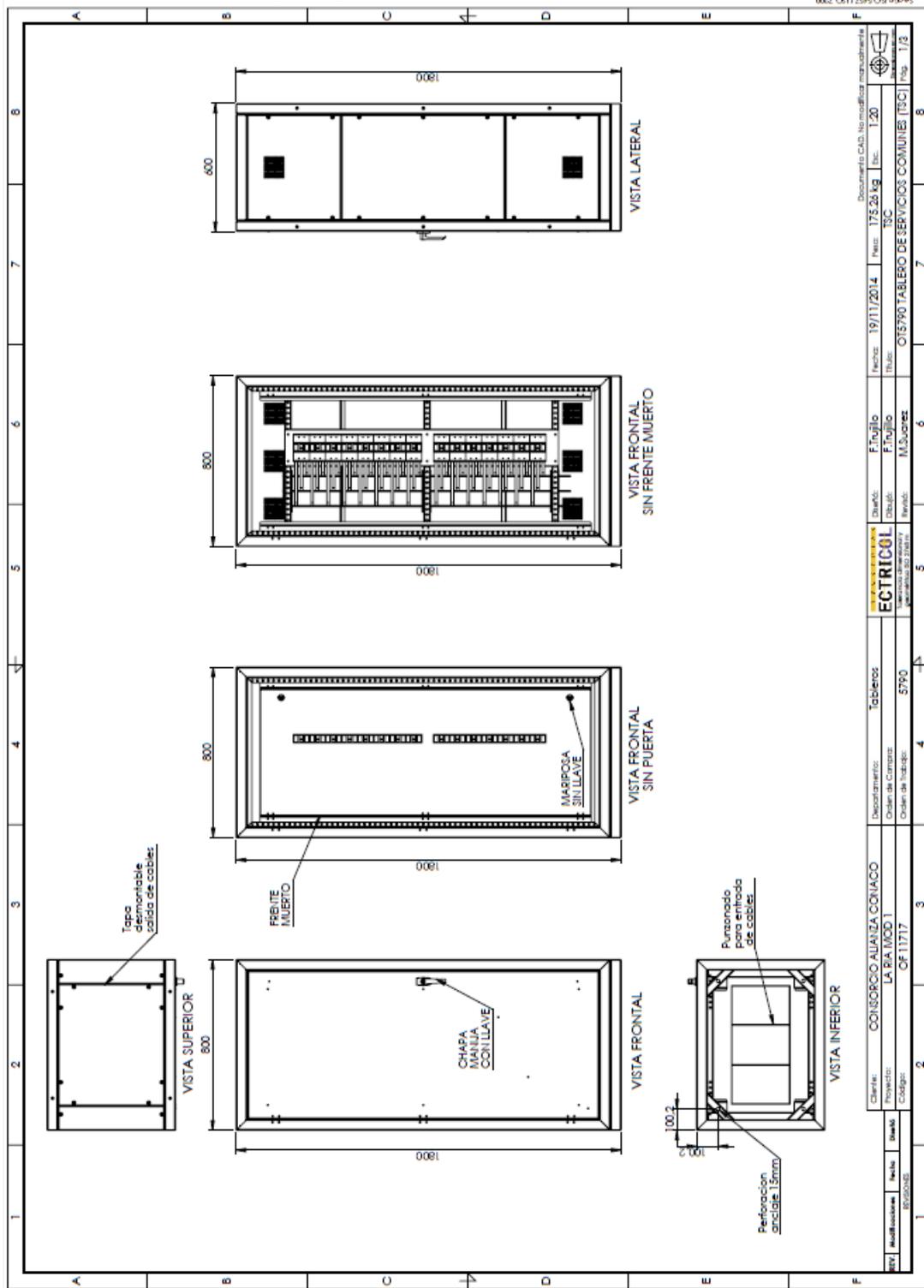
	ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN		Versión	1
	TABLEROS		Vigencia	20/10/2014
	IEF-04-015		Página	de

Consecutivo	LISTADO DE FABRICACIÓN			1
Cliente:	CONSORCIO ALIANZA CONACO		Requiere Interventoría:	
Proyecto:	LA RIA MOD 1		No	
Encargado:	M. Suarez		Orden de Trabajo	
Tiempo de Entrega:	30 Días AP		5790	
TAG:	TABLERO DE SERVICIOS COMUNES (TSC)		Planos de Aprobación	
Diseño:	F. Trujillo		SI	
O.F. Mecánica		O.F. Eléctrica	Item	6,0
Grado de Protección:	IP	30	Uso:	Interior
Identificación:	Tablero		Fecha de Solicitud:	21/11/2014
Tipo:	Servicios Comunes		Cantidad:	1

Dimensiones (mm)		Adicionales	
Alto + Base	1800	Empaque	No N/A
Frente	800	Visor	No N/A
Profundo	600	Izaje	N/A N/A
Lamina		Chapa	
Tipo	Cold Rolled	Puerta	Manija con llave
Tornillería	Irisada	Frente Muerto	Mariposa sin llave
Calibre		Pintura	
Estructura	14	Color	RAL 7032
Tapas	16	Tipo	Texturizada
Base	Lam. Galv. Cl. 14	Piezas Internas	Galv. Sin Pintar
Posición Acometida		Salidas Parciales	
Posición Acometida	Base - Centro	Salidas Parciales	Amba
Acometida	2X(3X400F+1X400N)+1X1/0T	Forma de Entrega	Plataforma camión fuera Bogota
Embalaje Final	Con estiba	Ciudad de Instalación	Barranquilla
Barraje Principal		Tratamiento	
Dimensión	80 x 5 mm	Tratamiento	Con funda term. sin platear
Celdas de Medida			
Equipada	N/A		
Armarío de Cuentas			
Cantidad Cuentas	N/A	Ubicación Totalizador	N/A
Tipo	N/A	Ducto	N/A
Marca Interruptor	N/A	Referencia	N/A
Bloqueador AE319			
Marca Interruptor	N/A	Referencia	N/A
Entrada Cables	N/A	Bloqueador Vault	N/A

Fuente: Pasante.

ANEXO J. Planos de vistas principales.



Fuente: Pasante.

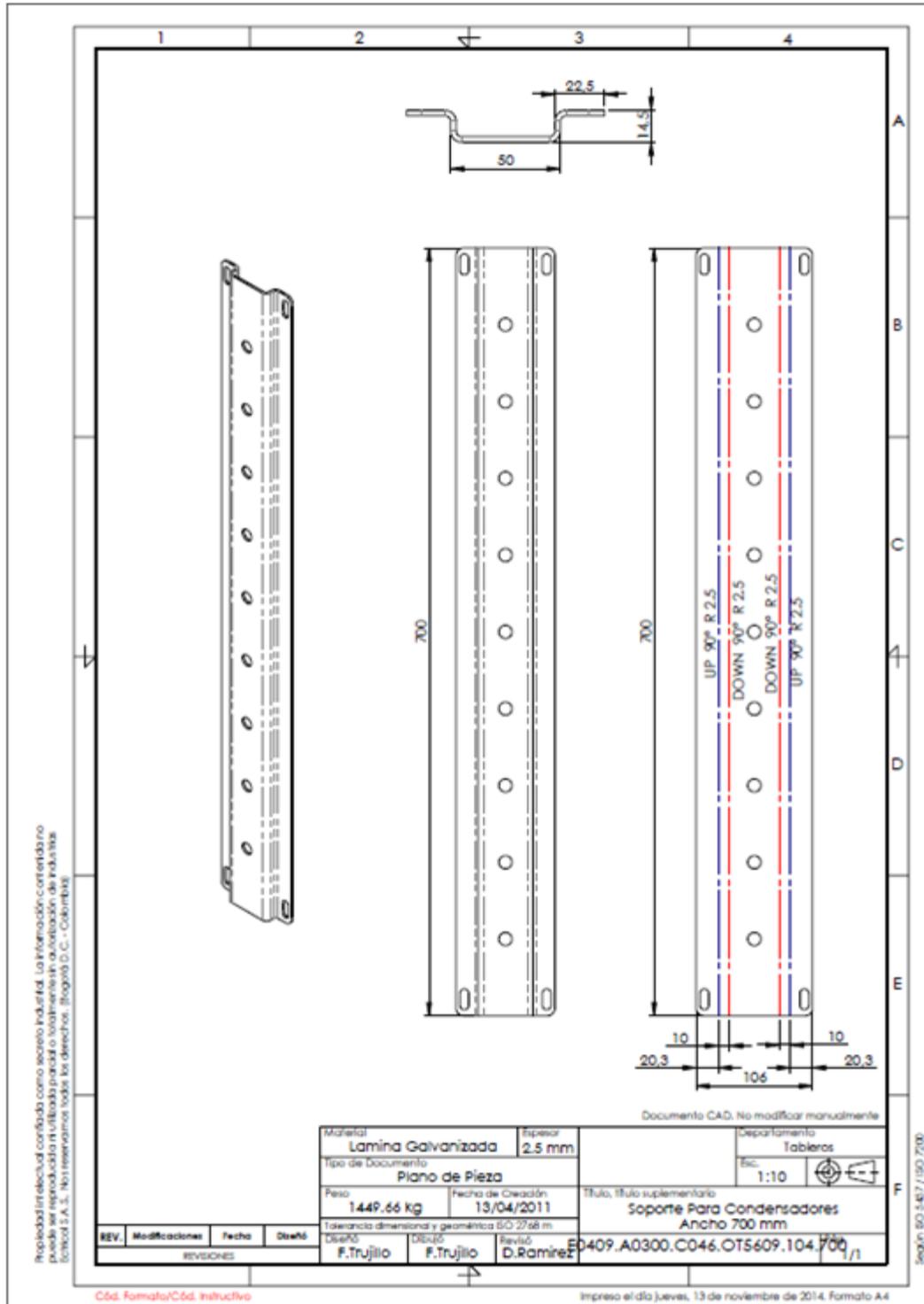
ANEXO K. Plano de explotonado metalmecánico

1	2	3	4	5	6	7	8
Nº	Nombre Archivo	Config.	Descripción 1	Descripción 2	Cont.		
1	A0000.C008	800x600	Tapa techo	Fronte 800 x Profundo 600	1		
2	A0000.C006	600	Perfil Lateral Cubierta Superior	Profundidad 600 mm	2		
3	A0000.C017	800	Angulo base	Fronte 800 mm	2		
4	A0000.C004	1800, B	Perfil vertical	Alto 1800 mm	1		
5	A0000.C005	600	Perfil lateral estructural	Profundidad 600mm	4		
6	A0000.C003	800	Perfil horizontal superior	Fronte 800 mm	2		
7	A0000.C004	1800	Perfil vertical	Alto 1800 mm	3		
8	A0000.C002	01	Diagonal anclaje	Estándar	4		
9	A0000.C010	1800x600	Tapa intermedia	Altura 1800 x Fronte 600	2		
10	A0000.C007	600	Perfil Lateral Cubierta inferior	Profundidad 600 mm	2		
11	A0000.C002	800	Perfil horizontal interior	Fronte 800 mm	2		
12	A0000.C003	800x600	Lateral Isca Autocortada	800x600 mm	2		
13	A0000.C013	800x600	Tapa piso posterior	Ancho 800 x Profundo 600	1		
14	A0000.C026	03	Soporte Bandejas Vertical	Fronte 800 mm	3		
15	A0000.C011	1	Tapa Removible	General	4		
16	A0000.C028	1550	Perfil F.M. Abisagrado	Alto Perfil FM 1550 mm	2		
17	A0000.C019	03	Concedera 35 mm c. dia a dia Galv. 14	Profundidad 600mm	6		
18	A0000.C014	117	Puerta c. dia a dia Bst. Bq.	Alt. 1800mm Fre. 600mm Chapa B3P	1		
19	A0000.C027.015790.1	1300x175	Bandeja mont. ver. c. dia a dia Galv. 16	Altura ban. 1300 Fronte band. 175	1		
20	A0000.C009	600	Tapa Extremos Rejilla Angulo	Fronte 600	4		
21	A0000.C029.015790.2	1550x600x18	Fronte Aluminio	Alto 1700 x Fronte 800	1		
22	A0000.C009	800	Tapa Extremos Rejilla Angulo	Fronte 800	2		

Cliente: CONSORCIO ALIANZA CONIAGO Proyecto: LA RIA MOD 1 Código: OF 11717		Departamento: Tableros Orden de Compra: 5790	
Nombre: M. Suarez Fecha: 19/11/2014 Hoja: 015790-TABLERO DE SERVICIOS COMUNES (TSC)	Descripción: F. Tablero Fecha: 19/11/2014 Hoja: M. Suarez	Cantidad: 175,28 kg Escala: 1:20 TSC	Documento CAD. No modificar manualmente Escala: 1:20 Hoja: 2/3

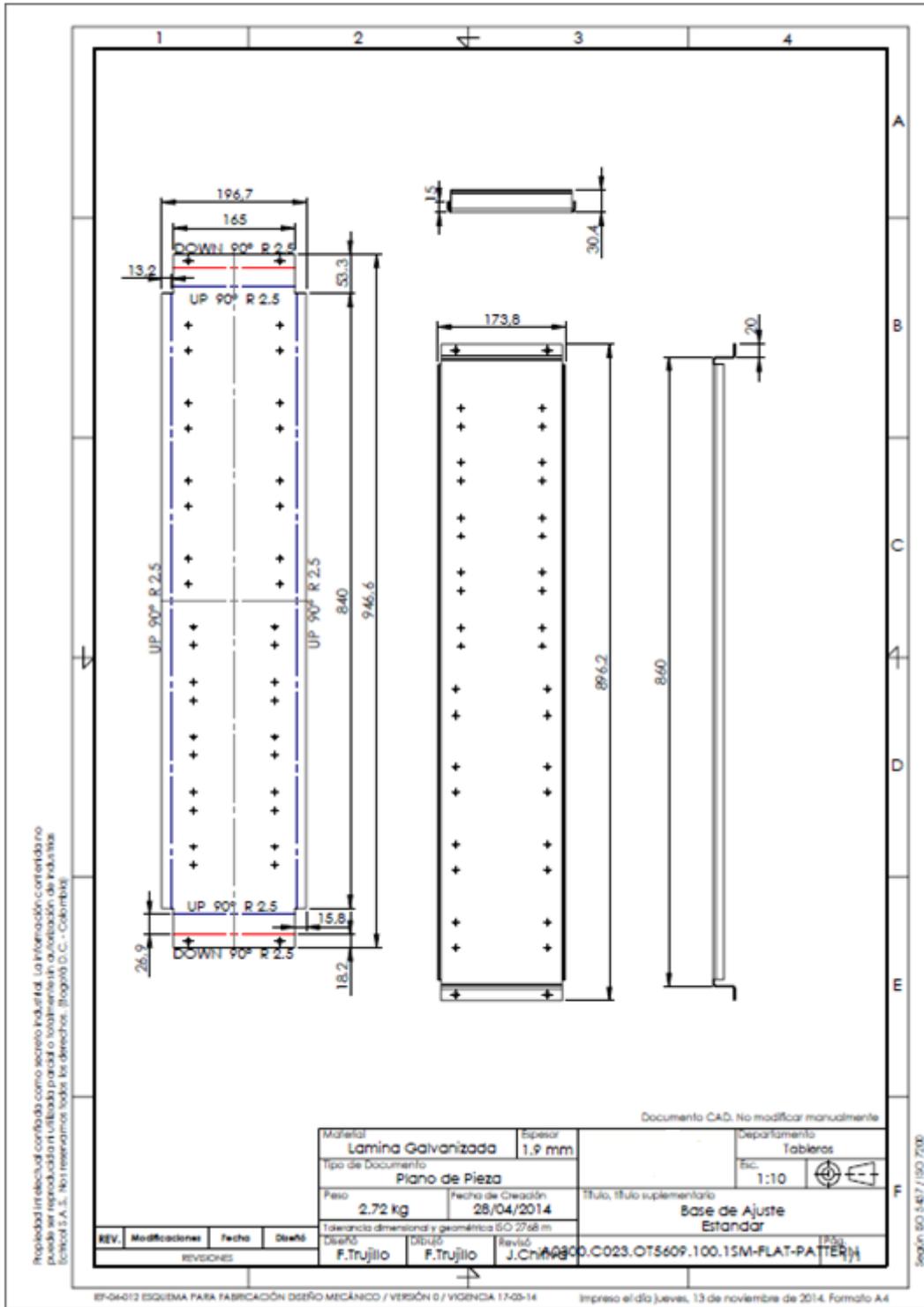
Fuente: Pasante.

ANEXO L. 1. Plano de dobles de lámina



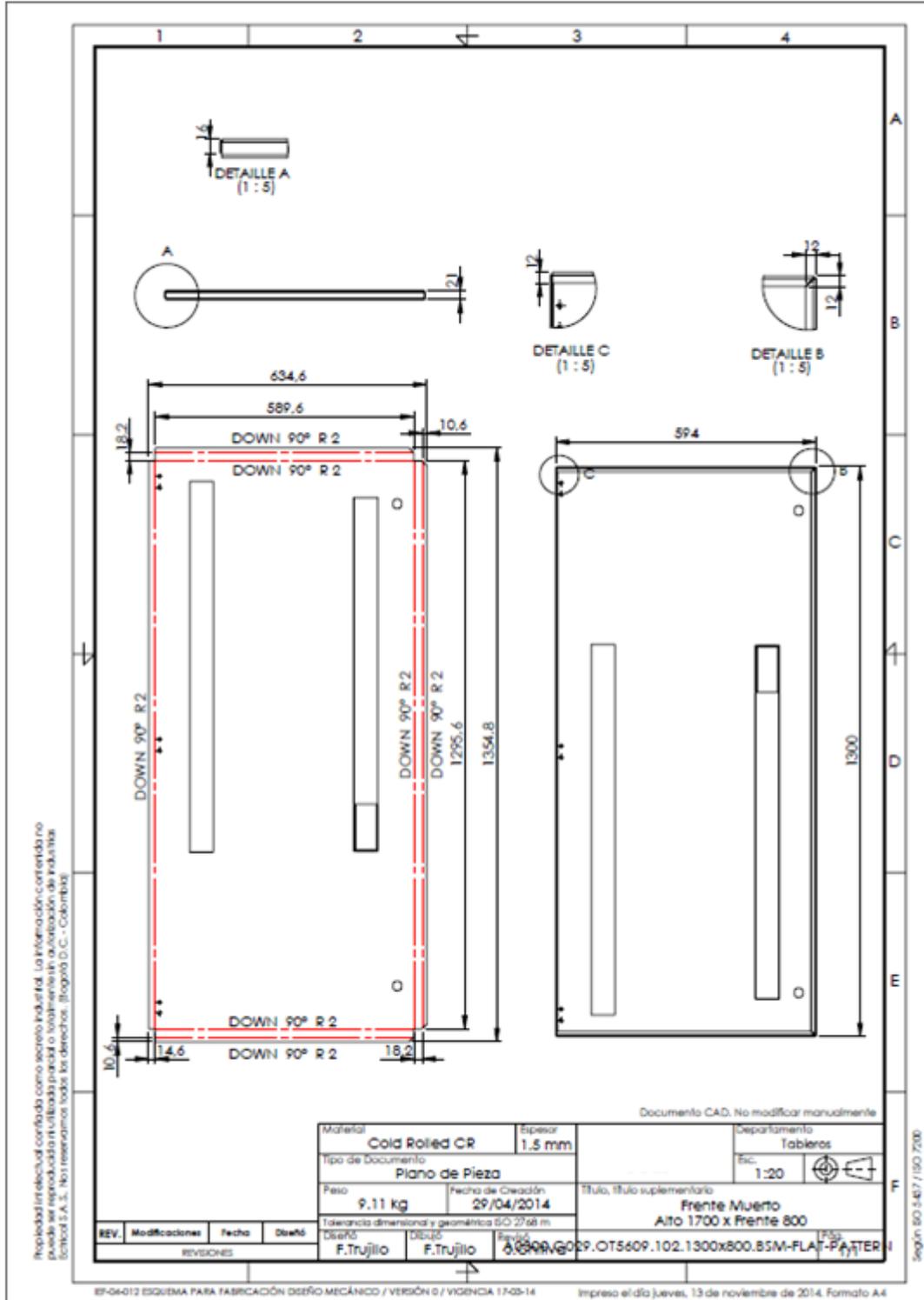
Fuente: Pasante.

ANEXO M. 2. Plano de dobles de lámina



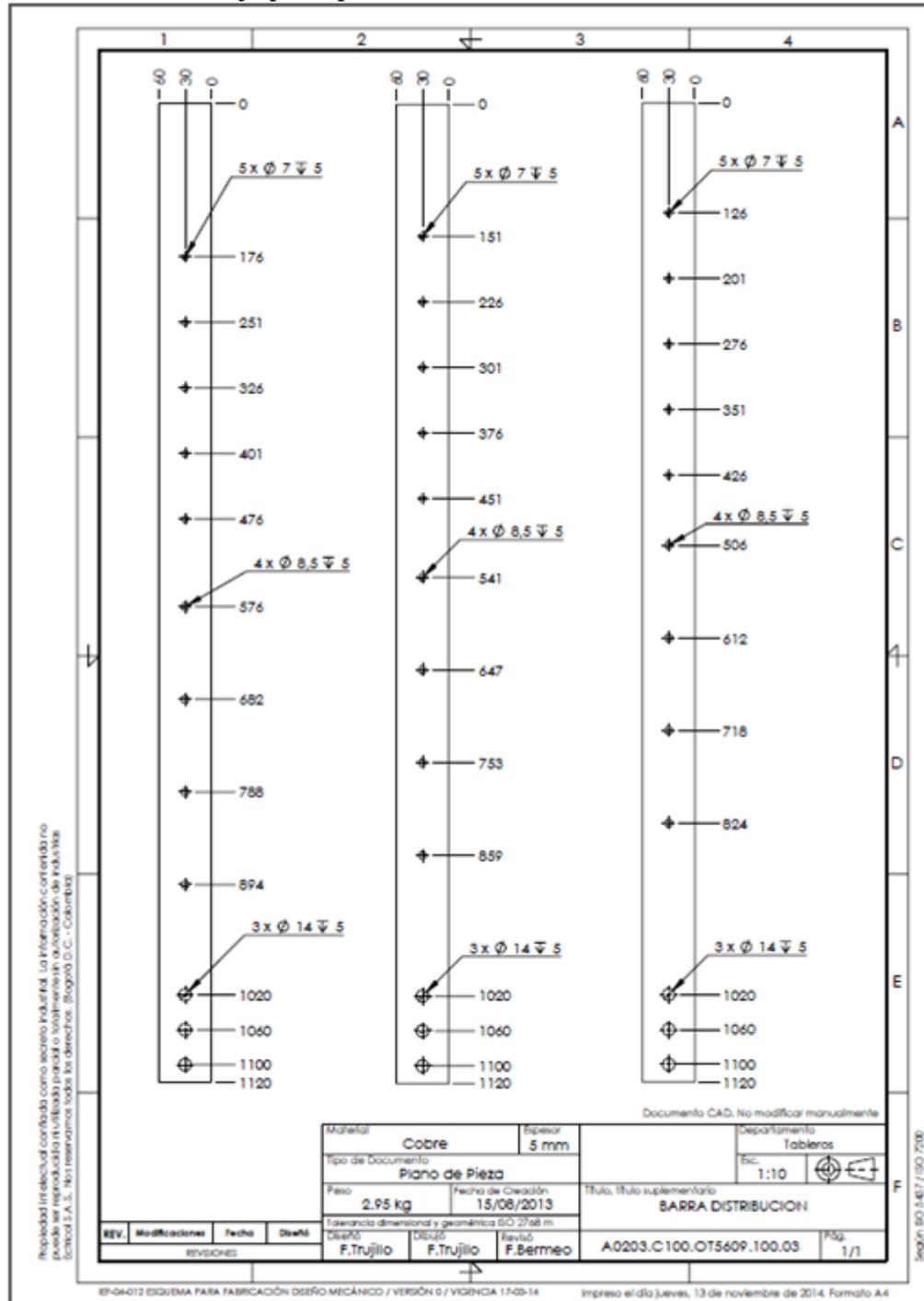
Fuente: Pasante.

ANEXO N. 3. Plano de dobles de lámina



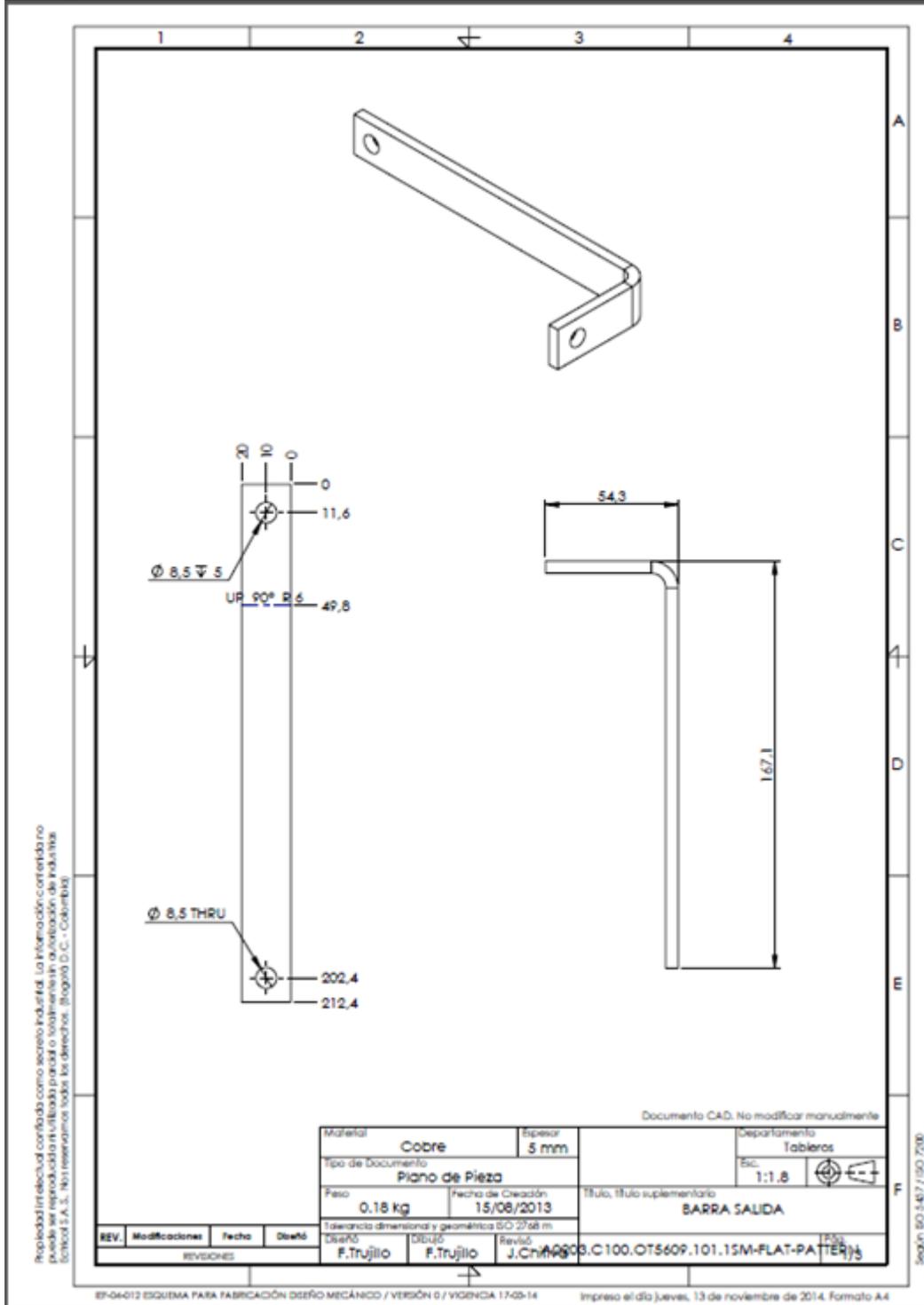
Fuente: Pasante.

ANEXO P. Plano de barraje principal



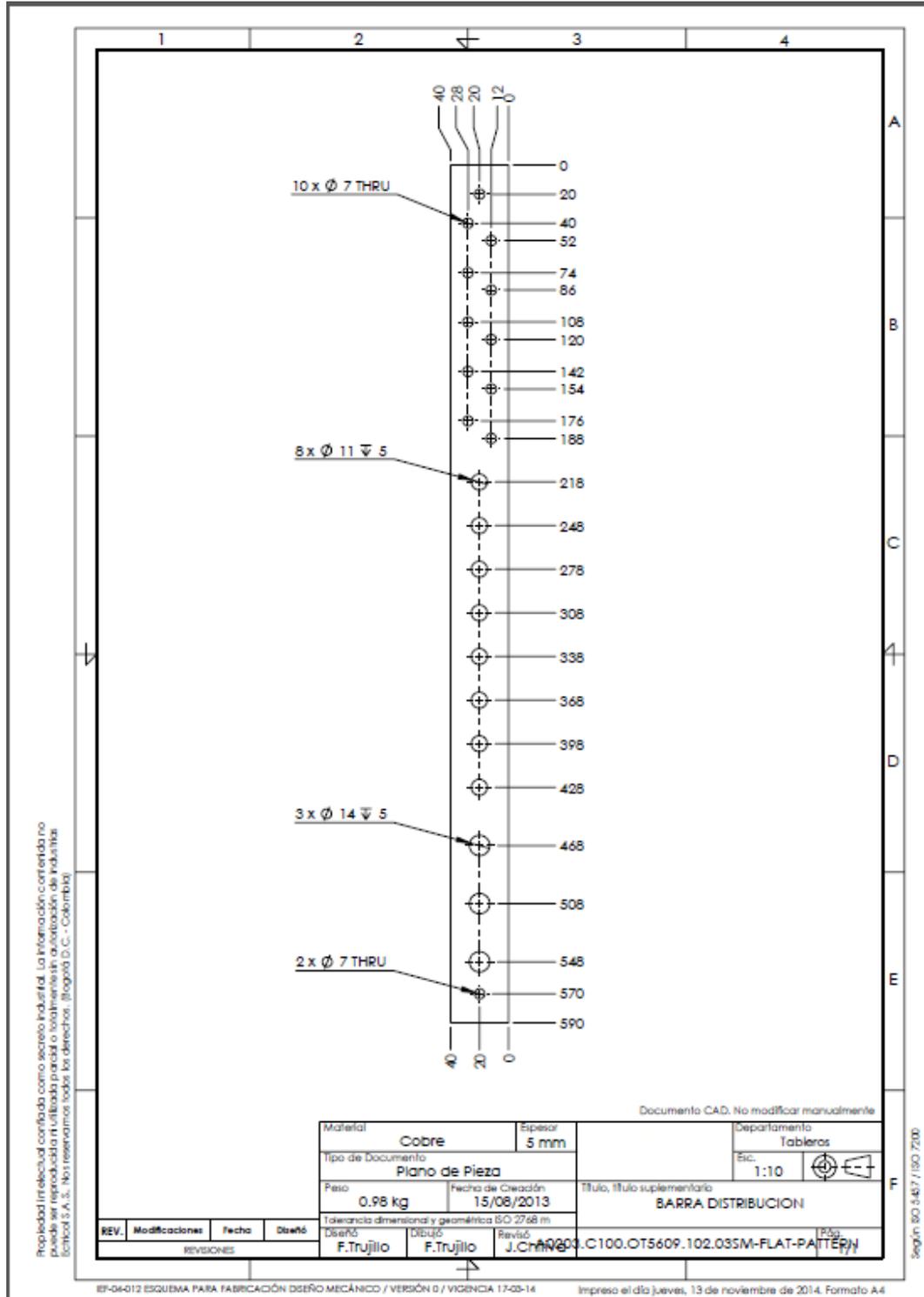
Fuente: Pasante.

ANEXO Q. Plano de dobles de barra de cobre



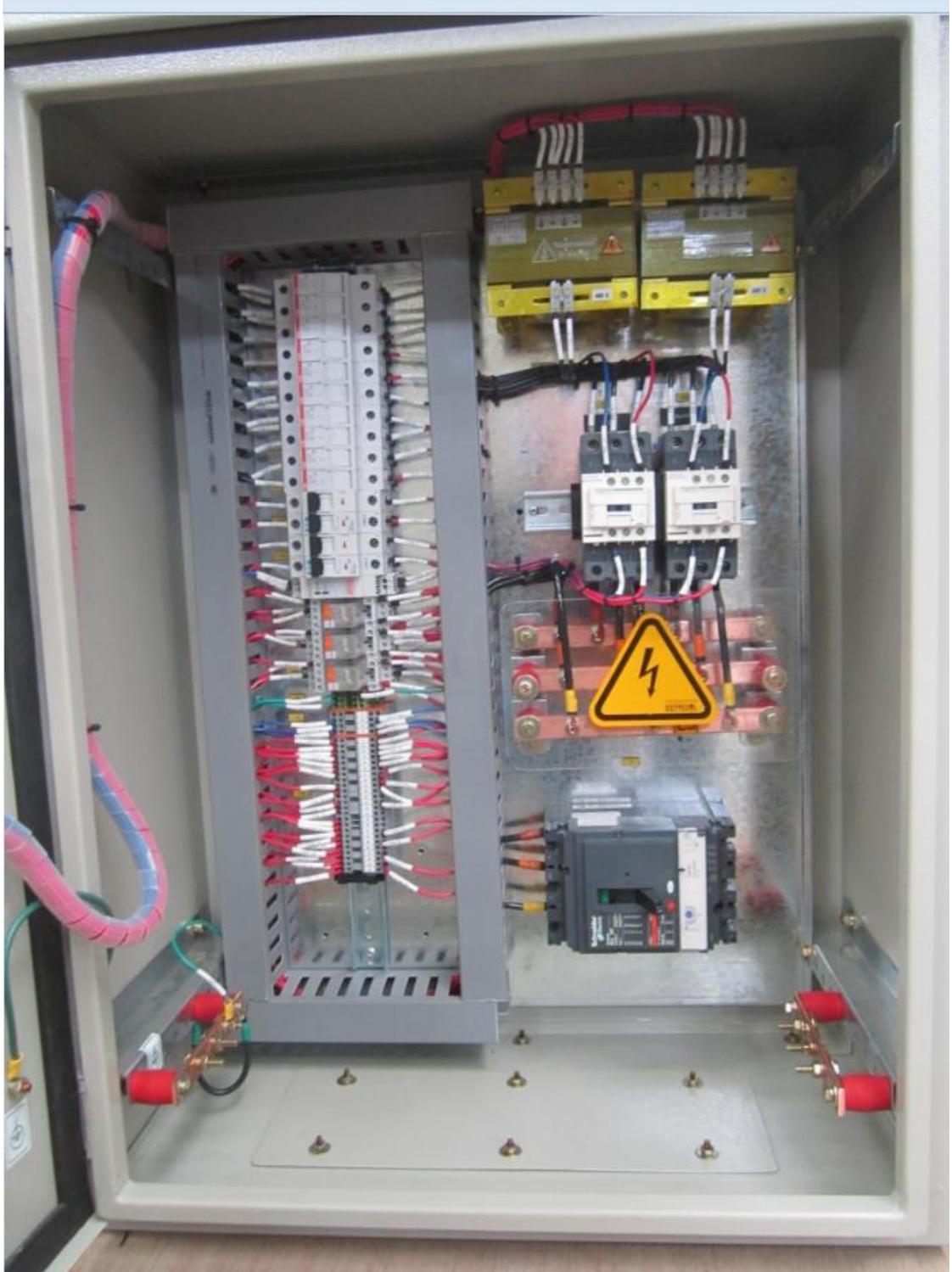
Fuente: Pasante.

ANEXO R. Plano de barra de cobre (Neutro-Tierra)



Fuente: Pasante.

ANEXO S. Tablero de transferencia



Fuente: Pasante.