



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN  
TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON CAPACIDAD DE 4,274 m<sup>3</sup>”**

**INFORME DE TRABAJO  
PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**P R E S E N T A:**

**ULISES RAMÍREZ GUTIÉRREZ**



**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. ALVARO AYALA RUIZ**

**2015**

## ÍNDICE.

<b>I.- DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>3</b>
I.1 .-¿QUIÉN ES TURBO-MEX? .....	3
I.2.-UBICACIÓN.....	3
I.3.-SERVICIOS:.....	3
I.4.-VISIÓN.....	4
I.5.-MISIÓN.....	4
I.6.-POLÍTICA DE GESTIÓN INTEGRAL.....	4
I.7.-POLÍTICA COMPROMISO AMBIENTAL Y SEGURIDAD LABORAL.....	4
I.8.-CLIENTES.....	5
I.9.-DIVISIONES:.....	5
I.10.-ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA TURBO-MEX. ....	6
I.11.-DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA.....	7
I.12.-INGENIERO MECÁNICO / REQUISITOS .....	8
I.13.-INICIO EN TURBOMEX. ....	9
<b>II.- DESARROLLO DE UN CASO DE ESTUDIO. ....</b>	<b>11</b>
II.1.- INVITACIÓN A COTIZAR. ....	11
II.1.1.- LA COTIZACIÓN O PROPUESTA TÉCNICA-ECONÓMICA.....	13
II.2.- INICIO DE LA INGENIERÍA DE DETALLE.....	14
II.3.- DESARROLLO DE LA INGENIERÍA DE DETALLE. ....	18
II.3.1- ARREGLO GENERAL.....	19
II.3.2- DESARROLLO DE CUERPO. ....	21
II.3.3- DESARROLLO DE FONDO .....	28
II.3.4- DESARROLLO DE TECHO.....	33
II.4.- TRABAJO EN TALLER.....	41
II.4.- RESULTADOS.....	44
<b>III. CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>51</b>

## **I.- DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

### ***I.1 .-¿QUIÉN ES TURBO-MEX?***

Es una empresa mexicana con más de 20 años de experiencia que proporciona productos y servicios dirigidos a la fabricación, instalación, prueba, arranque, mantenimiento y optimización del proceso. Cuenta con personal altamente calificado, en tres naves industriales y oficina regional, donde se realizan trabajos de reparación, así como todo tipo de fabricación, apoyándonos desde sus sitios respectivos.

### ***I.2.-UBICACIÓN.***

Calle Porvenir #188 Colonia Los Olivos, Delegación Tláhuac C.P 13210 México D.F.

### ***I.3.-SERVICIOS:***

- Fabricación e instalación de plantas paquete
- Fabricación y mantenimiento de calderas, hornos a fuego directo y sus componentes.
- Servicios de modificación a instalaciones electromecánicas u optimización de procesos.
- Fabricación y/o reparación de recipientes con estampado ASME/NB<sup>1</sup>.
- Fabricación e instalación de equipos de proceso tales como recipientes a presión, intercambiadores de calor y tableros de control.
- 

---

<sup>1</sup> Certificado que acredita que el fabricante cumple con del código de La Sociedad de Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) y de la Junta Nacional (NB)

#### ***1.4.-VISIÓN.***

Empresa líder en la optimización de procesos para el ahorro de recursos no renovables entre ellos energía y agua, en armonía con el medio ambiente contribuyendo al crecimiento del país y su gente.

#### ***1.5.-MISIÓN.***

- Exceder las expectativas del cliente.
- Aplicar las políticas de calidad.
- Utilizar en su mayor parte insumos nacionales.
- Inversión continua en el desarrollo técnico y recurso humano.

#### ***1.6.-POLÍTICA DE GESTIÓN INTEGRAL.***

En Turbo-mex nos dedicamos a la fabricación, construcción, mantenimiento, prueba y arranque de instalaciones industriales, buscando la excelencia de nuestros productos, basados en los requerimientos de las normas y legislación aplicable, comprometiéndonos con la mejora continua de la calidad, la prevención de impactos ambientales, de lesiones, enfermedades y riesgos de seguridad y salud en el trabajo, con objeto de merecer la satisfacción de nuestros clientes, logrando lo anterior con la participación de personal y proveedores comprometidos con este propósito.

#### ***1.7.-POLÍTICA COMPROMISO AMBIENTAL Y SEGURIDAD LABORAL.***

Cumplir con los trámites ambientales aplicables; mediante la aplicación de las regulaciones oficiales vigentes y aquellas que se adopten para el beneficio de la empresa; relativas al producto y las aplicables en materia ambiental. Cuidar la integridad física de nuestros empleados, obligándonos a mejorar continuamente el desempeño de nuestras actividades y del sistema de gestión de la calidad.

## ***I.8.-CLIENTES.***



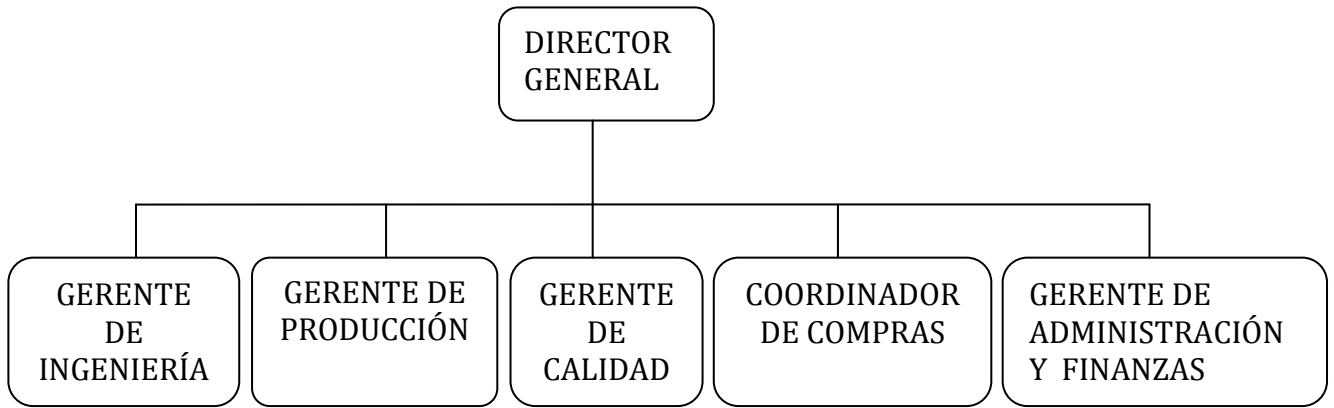
*Figura 1. Algunos clientes de Turbo-mex*

## ***I.9.-DIVISIONES:***

La empresa se encuentra constituida de tres divisiones que son las que a continuación se mencionan:

- **División de Ingeniería y Fabricación.** Ofrece sus servicios de administración de proyectos, diseño de procesos, ingeniería de detalle, servicios de adquisición, de inspección, montaje, pruebas y arranque de equipos y plantas las cuales se entregan al cliente ya integradas a sus sistemas y listas para operar.
- **División de Turbomaquinaria.** Ofrece servicios de diagnóstico, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, actualización y mejora de sistemas axial como adaptación de sistemas.
- **División de Obra Electromecánica.** Ofrece servicios de obra electromecánica de montaje de plantas y servicios de modificación a instalaciones ya existentes, incluyendo proyectos de llave en mano.

## **I.10.-ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA TURBO-MEX.**



*Figura 2. Organigrama de la empresa Turbo-mex*

- **GERENTE DE INGENIERÍA.**

Es la persona responsable de generar nuevos proyectos, cotizar proyectos, visitar a clientes, supervisa al grupo de ingeniería y dibujantes, y también aprueba los diseños de los equipos a fabricarse.

- **GERENTE DE PRODUCCIÓN.**

Encargado de que la fabricación de los equipos cumpla con los tiempos establecidos, cuantificación de material, responsable de los grupos de pailería y soldadores.

- **GERENTE DE CALIDAD.**

Este equipo de personas se encarga de que los equipos que se fabrica la empresa cumplan con los estándares de calidad que la empresa ofrece así como los que el cliente solicita.

- **COORDINADOR DE COMPRAS**

Son los encargados del suministro de materiales, equipo y servicios que son requeridos, principalmente por el departamento de ingeniería.

- **GERENTE DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS.**

- Es la persona responsable de coordinar la administración y cobranza de la empresa, así como el departamento de recursos humanos.

## I.11.-DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA.

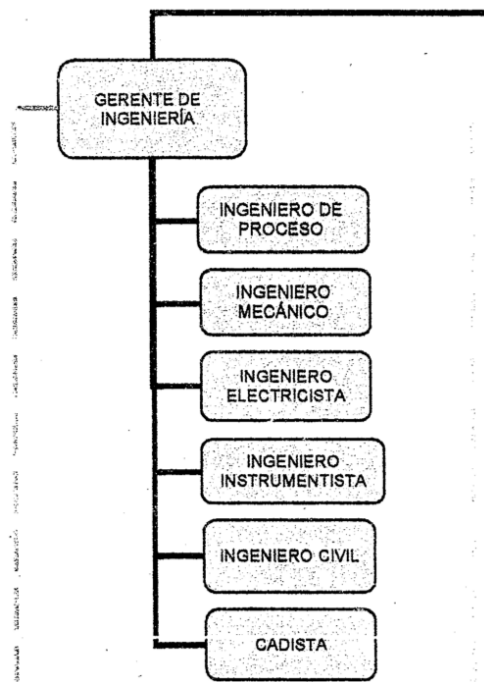


Figura 3. Departamento de Ingeniería.

El departamento de ingeniería es un equipo interdisciplinario encargado de diferentes actividades que hacen posible el desarrollo de un proyecto, el equipo está encabezado por el gerente de ingeniería quien aprueba los arreglos y diseño de los equipos, parte importante del equipo son los ingenieros de procesos, ellos se encargan de hacer balances de masa y energía para un proceso, elaboran diagramas de tubería, diagramas de proceso y especifican equipos. El Ingeniero Mecánico realiza los cálculos mecánicos de los equipos, la ingeniería de detalle, planos para fabricación y construcción, lista de materiales, cotizaciones de equipos. Los ingenieros eléctricos e instrumentistas son los encargados de cotizar, adquirir, probar e instalar el equipo eléctrico y en instrumental necesario para el correcto funcionamiento de los equipos. Por último, está el equipo de cadistas o dibujantes, piezas fundamentales en el equipo, ya que son los encargados de desarrollar los dibujos o planos requeridos para cualquier obra, ya sea mecánica o de proceso siempre supervisados por los ingenieros mecánicos o de proceso respectivamente.

## ***I.12.-INGENIERO MECÁNICO / REQUISITOS***

El Ingeniero Mecánico dentro de Turbo-mex será el responsable del diseño de los equipos para nuestros clientes principalmente PEMEX, ICA y GRUPO MÉXICO. Generará la ingeniería básica y de detalle, es la persona responsable de revisar planos, será el responsable de coordinar y asignar actividades al equipo de dibujantes, supervisa la fabricación de los equipos en el taller, está en contacto constante con los proveedores y el cliente final, también deberá hacer cotizaciones de equipo para posibles clientes, realizará visitas a posibles clientes y adjudicará nuevos contratos.

ESCOLARIDAD: Ingeniero Mecánico Titulado

EXPERIENCIA: Mínimo 1 Año en Diseño de equipo Estático

CONOCIMIENTOS:

Elaboración de Diseño Mecánico de equipos estáticos, análisis de materiales, elaboración de ingeniería básica y de detalle de Recipientes a Presión, intercambiadores de calor, tanques atmosféricos. Elaboración de propuestas Técnicas y Comerciales para licitación pública y privada. Manejo de normas y estándares nacionales e internacionales NRF, API, CFE, NFPA.<sup>2</sup>

SOFTWARE:

- PV-ELITE
- TANK
- E TANK,
- AUTO CAD 2D y 3D

IDIOMA:

Inglés nivel intermedio

---

<sup>2</sup> NRF: Normatividad de Referencia de Pemex

API: American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)

CFE: Comisión federal de Electricidad

NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego).



### ***I.13.-INICIO EN TURBOMEX.***

Inicié mi relación laboral con la empresa que tiene por nombre *Turbo-mex, Refacciones y Mantenimiento Industrial S.A de C.V* en Diciembre del año 2012 como proyectista o dibujante, gracias al buen manejo de programas de dibujo, específicamente Autocad 2D, fuí contratado para apoyar al departamento de ingeniería en un nuevo proyecto que estaba por iniciar, proyecto de nombre “**Planta ESDE III**” el cual consistía en el diseño y fabricación de 18 Tanques de Acero al Carbono Y Acero Inoxidable Fabricados en Sitio de diferentes capacidades, localizados en Cananea, Sonora, México.

Mi trabajo en un inicio consistía en realizar los primeros planos, que en la empresa se conocen como “arreglos generales”, en donde se incluían datos técnicos del equipo, cuadro de boquillas, dimensiones del equipo y la posición de las boquillas con las que esté contaría. Concluidos los planos, el ingeniero a cargo del proyecto realizaba una revisión antes de que los planos se enviaran al cliente para que esté haga sus comentarios o su eventual aprobación, el plano era enviado al cliente como revisión A (preliminar). En caso de que el cliente hiciera cambios de cualquier índole, ya sean cambios en la ubicación de boquillas, ángulo de inclinación del techo, etc. El cliente devolvía los planos con los comentarios pertinentes para que el equipo de dibujantes aplicara los cambios que el cliente había señalado en los planos, realizados los cambios que el cliente señaló, los planos eran enviados nuevamente al cliente con la revisión consecutiva B,C,D, etc hasta que el cliente aprobara los planos para construcción, los cuales se emitían como revisión 0 con la leyenda ***aprobado para construcción.***

Una vez que el cliente había aprobado el plano del arreglo general del equipo, procedíamos con el desarrollo del resto de los planos que eran necesarios para su construcción; plano de desarrollo de cuerpo, el cual consistía en el acomodo estratégico de las placas que constituirán el cuerpo del tanque y la forma en que deberán ser unidas por medio de soldadura. Generamos también un plano para el fondo del tanque y uno más para el techo, siempre procurando minimizar el desperdicio de material. Este fue el trabajo que realicé durante los primeros meses dentro de Turbo-mex.

Después de los primeros meses también aprendí a desarrollar los planos de detalles de boquillas, los cuales requerían de más tiempo y conocimientos específicos de simbología de soldadura, también fue necesario desarrollar planos de escaleras y del sistema de drenado de los tanques, lo que nos daba un total de siete planos, como mínimo, que eran necesarios para la fabricación de un tanque de almacenamiento. Después de tres meses, aproximadamente, fui capaz de poder generar los planos necesarios para la fabricación de tanques de almacenamiento o tanques atmosféricos que fueran diseñados considerando el código API 650 (American Petroleum Institute) **Welded Steel Tanks for Oil Storage** (tanques de acero soldados para almacenamiento de petróleo), para la construcción de tanques de almacenamiento que están sometidos a bajas presiones y temperaturas.

## II.- DESARROLLO DE UN CASO DE ESTUDIO.

### II.1.- INVITACIÓN A COTIZAR.

Gracias a los trabajos previos, la buena relación y el buen trabajo que desempeñó Turbo-mex con Grupo México e ICA FLUOR, estos últimos hacen la invitación directa para la cotización de ***“Trabajos de ingeniería de detalle, suministro de material, fabricación y montaje en sitio de tanques de acero al carbón y tanques de acero inoxidable, para el proyecto Planta ESDE III localizado en Cananea, estado de Sonora”*** como consta en los documentos denominados *bases de concurso BDC-ESD-020-12* y *“Especificación de Tanques de Acero al Carbón y Acero Inoxidable fabricados en sitio y taller”* con número de documento 000-MI-SP-008.

Cabe mencionar que Turbo-mex cuenta con amplia experiencia en la fabricación de Tanques de Almacenamiento, factor que fue fundamental para poder participar en dicho proyecto, pero nunca se había tenido la experiencia de fabricar tal número de equipos a un mismo tiempo, lo que representó un enorme reto técnico y operacional para la empresa en donde me desempeñe.

El equipo que a continuación se describe se trata de un Tanque de Almacenamiento Atmosférico de 4,274 m<sup>3</sup> de capacidad ( 28, 882 barriles) con techo soportado, con un diámetro de 28.5 metros y 6.7 metros de altura, fabricado es su totalidad de acero inoxidable SA-240-316L<sup>3</sup>.

A continuación se presenta el listado de equipos en los cuales Turbo-mex participó en la cotización: (*tabla 1*)

---

<sup>3</sup> Acero Inoxidable Austenítico. integran las series 200 y 300. presentan excelente resistencia a la corrosión, excelente soldabilidad, se utiliza en la industria para la fabricación de tanques y tuberías.

Composición Química: C-0.035% máx., Mn-2% máx., Cr-16/18%, Ni-10/14%, P-0.045% máx., S-0.030% máx., Mo-2/3%

Tabla 1. Equipos cotizados por Turbo-mex

ITEM No.	TAG No.	DESCRIPCION	PLANO MECÁNICO
<b>TANQUES DE ACERO AL CARBÓN</b>			
1	400-TKS-008	TANQUE DE DILUYENTE	400-M1-DW-108
2	400-TKS-010/011	TANQUE DE ACIDO SULFURICO	400-M1-DW-109
3	400-TKS-014	TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO	400-M1-DW-110
4	400-TKS-018	TANQUE DE AGUA DE PROCESO	400-M1-DW-112
5	410-TKS-007 (documento en proceso)	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL	410-M1-DW-103
<b>TANQUES DE ACERO INOXIDABLE</b>			
6	400-TKS-007	TANQUE DE ELECTROLITO RICO	400-M1-DW-105
7	400-TKS-012	TANQUE DE ELECTROLITO POBRE	400-M1-DW-106
8	620-TKS-002	TANQUE PARA SUMIDERO DE EMERGENCIA	620-M1-DW-102
9	410-TKF-001	TANQUE DE RECIRCULACIÓN DE ELECTROLITO	410-M1-DW-101
10	410-TKS-008	TANQUE PARA FOSA DE DEPOSITACIÓN ELECTROLÍTICA	410-M1-DW-102
11	400-TKS-019/020	TANQUE DE RETENCIÓN	400-M1-DW-103
12	400-TKS-024	TANQUE ORGANICO RECUPERADO DE CENTRÍFUGA	400-M1-DW-104
13	400-TKF-001	TANQUE POST DECANTADOR ELECTROLÍTICO	400-M1-DW-111
14	400-TKS-015	TANQUE DE EXTRACTANTE	400-M1-DW-113
15	400-TKS-001/002	TANQUE DE RETROLAVADO	400-M1-DW-102
16	620-TKS-001 (documento en proceso)	TANQUE DE RECOLECCIÓN DE ORGÁNICO DE REFINO	620-M1-DW-101

### **II.1.1.- LA COTIZACIÓN O PROPUESTA TÉCNICA-ECONÓMICA.**

Para poder cotizar los equipos se hace uso de la información que el potencial cliente nos facilita, en este caso se trata de los planos mecánicos de referencia y/o hojas de datos de los equipos.

Para obtener información precisa o muy cercana a la fabricación final, el equipo de ingeniería hace un diseño básico para obtener la información que tiene mayor impacto en el costo de los equipos; que es el espesor de las placas de cada equipo, espesores de pared, techo y fondo, ya que del espesor depende el peso final de cada equipo y por lo tanto el precio final de los equipos que cotizamos.

A continuación se presenta la cotización que Turbo-mex presentó ante los futuros clientes (*Figura 4*):

#### **8.- Tanque de Recirculación de Electrolito 410-TKF-001.**

Un Tanque de almacenamiento de recirculación de electrolito con capacidad total de 4,274 m<sup>3</sup> marca TURBOMEX modelo TBXSSST112222-150, para instalarse en posición vertical con un diámetro interno de 28,500 mm y una altura Tan-Tan de 6,700 mm, cuerpo fabricado en acero inoxidable A-240-316L de ¼" de espesor nominal, fondo plano de ¼" de espesor nominal fabricado en A-240-316L, techo cónico soportado a 3.57 Deg. con respecto a la horizontal de ¼" de espesor nominal en acero A-240-316L, el equipo está diseñado a una presión de diseño hidrostática y una temperatura de 75 °C de acuerdo a la memoria de cálculo anexa según al código API-650.

El material de los cuellos de las boquillas será en A-312-316L / A-240-316L, las entradas hombre se proporcionaran con empaques de PTFE (Teflón), Tornillería A-193-B8M/A-194-8M, y agarradera en A-276-316L de acuerdo al API 650.

El recipiente será suministrado con cuatro orejas de izaje que serán fabricadas en A-240-316L, anillo de coronamiento en perfil LI 3" X 3/8" de acuerdo al manual del IMCA en A-479-316L, escalera tipo helicoidal fabricada en A-36 con rejilla antiderrapante pultruida de FRP (peldaños y plataforma).

*Figura 4 . Cotización de Tanque de Recirculación de Electrolito.*

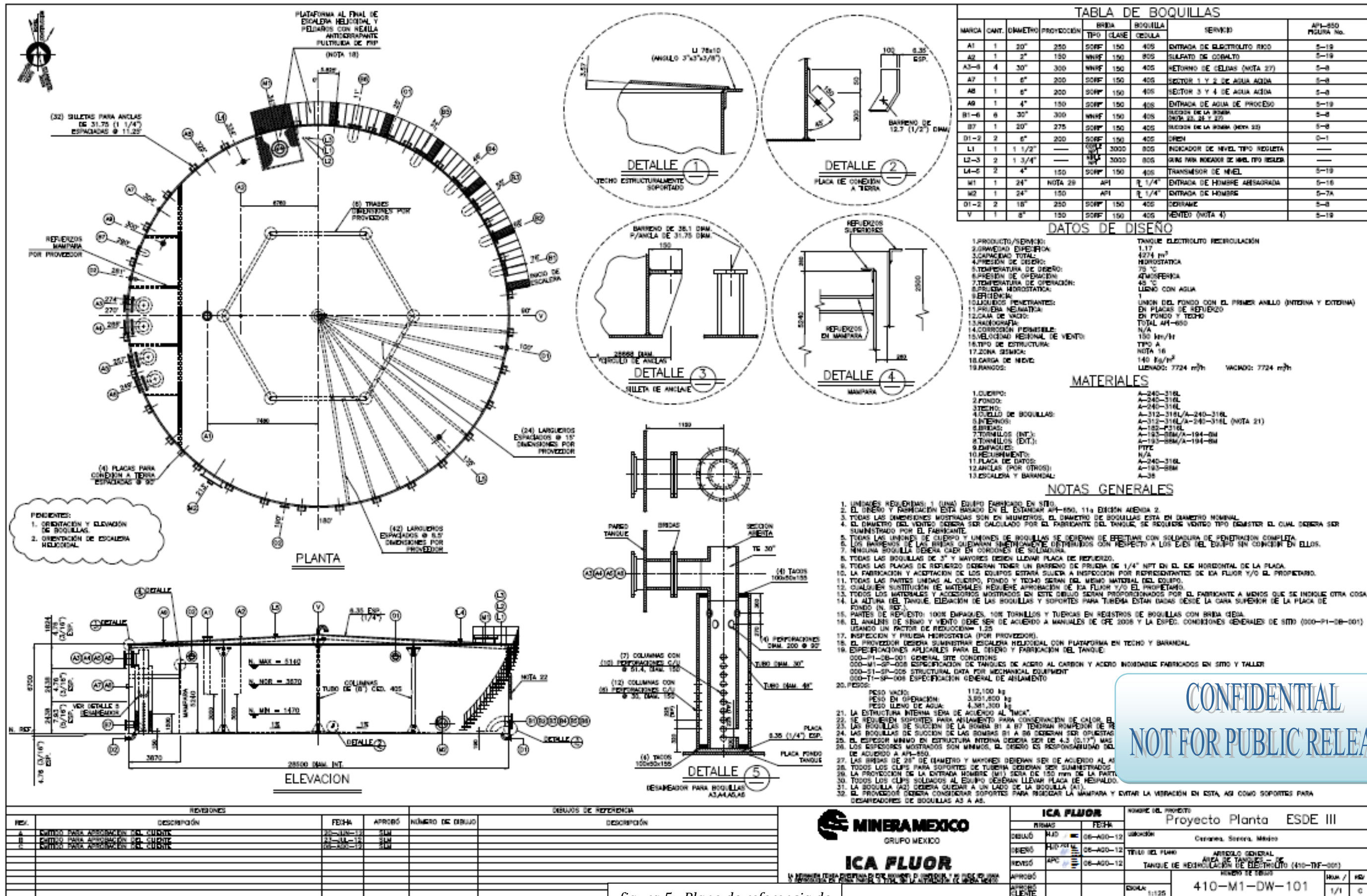
Con dicha oferta Turbo-mex se vio favorecida con el contrato para la fabricación de dieciséis equipos en total.

## **II.2.- INICIO DE LA INGENIERÍA DE DETALLE.**

Una vez asignado el proyecto a Turbo-mex, se da inicio al desarrollo de la ingeniería para el diseño y la fabricación de los equipos mencionados. Aquí es donde da inicio mi participación en el desarrollo del proyecto *“Trabajos de ingeniería de detalle, suministro de material, fabricación y montaje en sitio de tanques de acero al carbono y tanques de acero inoxidable, para el proyecto Planta ESDE III localizado en Cananea, estado de Sonora”*, que desde este momento conoceremos solamente como ESDE III.

Las primeras actividades que desarrollé para éste proyecto fueron; la generación de dibujos preliminares, que denominaremos como “Arreglos Generales” de algunos equipos que componían el proyecto. En el equipo que basaré el desarrollo de éste trabajo, se centrará en el equipo que tiene por nombre **Tanque de Recirculación de Electrolito** identificado con el número de “tag” **410-TKF-001**. La elección de éste equipo fue debido a que representó un reto importante para la empresa y para mí, ya que se trata de un equipo de dimensiones considerables y de gran cantidad de recursos humanos y materiales.

Para iniciar con el arreglo general de éste equipo se contó con la información que el proveedor nos proporcionó inicialmente, se trata del plano con número HID-MI-DW-101, el cual tomé como base para dar inicio con el desarrollo de nuestro plano de arreglo general, (ver figura 5). También fue necesario consular la *“memoria de cálculo”* (figura 6) que se generó de éste equipo además de la *“hoja de datos de recipientes”* (TBX-HD-410-TKF-001, figura 7) en dichos documentos se describe los espesores y dimensiones de los diferentes elementos que componen nuestro equipo, como son: el anillo de coronamiento, espesores de placa del fondo, techo y cuerpo de nuestro equipo, diámetros, alturas, dimensiones iniciales de silletas de anclaje, por mencionar solo algunos elementos que componen nuestro tanque, toda esa información fue plasmada en la primera emisión del arreglo general que realice, el cual fue emitida como Rev. C y emitida al cliente para su revisión y/o comentarios.



CONFIDENTIAL  
NOT FOR PUBLIC RELEASE

figura 5.- Plano de referencia de proveedor




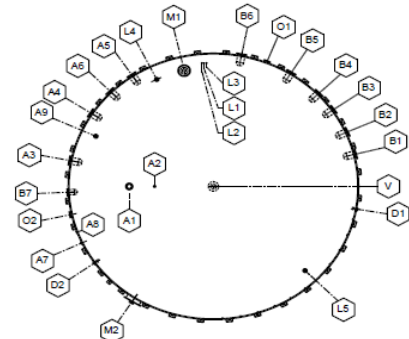
		<b>Turbomex Refacciones, Mantenimiento y Seguridad Industrial, S.A. de C.V.</b> Porvenir No.188; Col. Los Olivos; Delegación Tlahuac; C.P.13210; México, D.F. Tels:5863-8134 5863-9780 5863-9781		<b>HOJA DE ESPECIFICACION DE RECIPIENTES</b>  <b>TBX-HD-410-TKF-001</b>		
1	CLIENTE	ICA FLOUR DANIEL, S. DE R.L. DE C.V.		ORDEN TRAB.		
2	PROYECTO	PLANTA ESDE III		PAGINA	1 DE 1	
3	LOCALIZACION	CANANEA, SONORA, MÉXICO		ELABORA	MACS	
4	TAG	410-TKF-001	MODELO	TBXSST112222-150	CANTIDAD	UNO
5	SERVICIO	TANQUE DE RECIRCULACIÓN DE ELECTROLITO		POSICIÓN	VERTICAL	
<b>DATOS DE PROCESO</b>						
6	FLUIDO: LIQUIDO	ELECTROLITO RICO		FLUJO	GPM GRAVEDAD ESP. 1.17	
7	GAS	---		FLUJO	SCFM GRAVEDAD ESP. ---	
8	TEMPERATURA OPERACION	45 °C	MAXIMA	65 °C	DISEÑO 75 °C	
9	PRESION OPERACION	ATM	kg/cm <sup>2</sup> (m)	MAXIMA	---	
9	NIVEL	NORMAL	3,670 mm	MAXIMO	5,140 mm	
10	TEMPERATURA MINIMA DE DISEÑO DEL METAL	---		°C	CAPACIDAD TOTAL 4,274 m <sup>3</sup>	
<b>DISEÑO</b>			<b>DIMENSIONES Y ESPESORES</b>			
12	DISEÑO	API 650 11TH EDIT ADD. 2		ALTURA	6,700 mm	
13	OTROS	---		DIAMETRO INT.	28,500 mm	
13	TECHO	CONICO		ESP. CUERPO	6.35 mm	
14	FONDO	PLANO		ESP. FONDO	6.35 mm	
RELEVADO DE ESFUERZOS			<b>PESO ESTIMADO</b>			
16	RADIOGRAFIADO	(5)	LIQ. PENETRANTES	SI (1)	VACIO 106,394 kg	
17	PARTICULAS MAGNETICAS	---		ULTRASONIDO	---	
17	EFICIENCIA DE JUNTA	CUERPO 1.00	TAPAS 1.00		PRUEBA 3,383,127 kg	
18	PRUEBA HIDROSTATICA API 650	100% (3)	LLENO	AGUA	OPERACIÓN 3,939,978 kg	
19	PRUEBA NEUMATICA (4)	1.5 kg/cm <sup>2</sup> (m)	LLENO	---	EMBARQUE 106,394 Kg	
20	CORROSION PERMITIDA	CUERPO N/A	TECHO N/A		<b>PREPARACION DE SUPERFICIE Y PINTURA</b>	
21	FONDO	N/A			PREPARACION	DECAPADO INTERMEDIO
21	DISEÑO POR CARGA DE VIENTO	CODIGO	CFE-2010		PRIMARIO	N/A COLOR N/A
22	VEL. VIENTO	150	km/h		ACABADO	N/A REC. INTERNO N/A
23	DISEÑO SISMICO	CODIGO	CFE-2008	ZONA	B	<b>ARREGLO DE BOQUILLAS</b>
24	PROY. BOQUILLAS INT.	---		ESTRUCTURA	A	
25	ANILLO DE CORONAMIENTO	---		LI 3" X 3" X 3/8"		
25	ENTRADA HOMBRE	---		TIPO API CON AGARRADERA		
26	AISLAMIENTO	---				
<b>BOQUILLAS</b>						
28	ITEM	Ø (in)	CLASE/TIPO	DESCRIPTION		
29	A1	20"	150 # SO RF	ENTRADA DE ELECTROLITO RICO		
29	A2	2"	150 # WN RF	SULFATO DE COBALTO		
30	A3-A6	30"	150 # WN RF	RETORNO DE CELDAS (6)		
31	A7	6"	150 # SO RF	SECTOR 1 Y 2 DE AGUA ACIDA		
32	A8	6"	150 # SO RF	SECTOR 3 Y 4 DE AGUA ACIDA		
33	A9	4"	150 # SO RF	ESNTRADA DE AGUA DE PROCESO		
33	B1-B6	30"	150 # WN RF	SUCCIÓN DE LA BOMBA (6) (7)		
34	B7	20"	150 # SO RF	SUCCIÓN DE LA BOMBA (7)		
35	D1-D2	6"	150 # SO RF	DREN		
36	L1	1-1/2"	3000 # COPPER NPT	INDICADOR DE NIVEL TIPO REGLETA		
37	L2-L3	1-3/4"	3000 # NIP L1 NPT	GUIAS PARA INDICADOR DE NIVEL TIPO REGLETA		
37	L4-L5	4"	150 # SO RF	TRANSMISOR DE NIVEL		
38	M1 / M2	24"	API	ENTRADA HOMBRE		
39	O1-O2	18"	150 # SO RF	DERRAME		
40	V	8"	150 # SO RF	VENTEO (2)		
<b>MATERIALES</b>						
41	CUERPO	A-240-316L	ROMP. DE VORTICE	---		
42	FONDO	A-240-316L	REJILLAS	---		
43	TECHO	A-240-316L	MALLA ALAMBRE	---		
44	FALDON	---	CLIPS	A-240-316L		
45	SILLETAS	---	PLATAFORMAS	FRP		
45	PATAS	---	ESCALERA HELICOID/	A-36		
46	BRIDAS	A-182-F316L	ESCALERA HORIZ.	---		
47	BOQUILLAS	A-312-316L / A-240-316L	SOPORTES AISLAM.	A-240-316L		
48	REFUERZOS	A-240-316L	OREJAS	A-240-316L		
49	ACC. FORJADOS	A-182-F316L	ESPARRAGOS	A-193-B8M		
49	EMPAQUES	PTFE	TUERCAS	A-194-8M		
50	REVISION	A				
51	FECHA	29/08/2012				
52	APROBO	MAOG				
53	REVISO	DFZ				
<b>NOTAS</b>						
1	UNION DEL FONDO CON EL PRIMER ANILLO (INTERNA Y EXTERNA) Y UNION CUERPO-BOQUILLAS					
2	VENTEO TIPO DEMISTER					
3	POR 24 HORAS					
4	EN PLACAS DE REFUERZO					
5	RADIOGRAFIADO DE ACUERDO AL PAR.8.1.2 API-650 11TH EDIT. ADD.2					
6	LAS BRIDAS DE 26" Ø Y MAYORES SERAN DE ACUERDO AL B16.47-"A"					
7	CON ROMPEDOR DE VORTICE					

figura 6. Hoja de datos





#	(in.)	(in.)	(in.)	(in.)	(in.)	(in.)
5	0	0	N.A.	-0.012	0.1875	0.25
4	0.0288	0.0201	N.A.	0.0475	0.1875	0.25
3	0.0906	0.0634	N.A.	0.1133	0.1875	0.25
2	0.168	0.1174	N.A.	0.1936	0.1936	0.25
1	0.2453	0.1715	N.A.	0.271	0.271	0.3125

Structurally Supported Conical Roof  
Plate Material = A-240 Type 316L,  
Struct. Material = A-240 Type 316L

t.required = 0.2274 in.  
t.actual = 0.25 in.  
Roof Joint Efficiency = 1

Plate Weight = 73,735 lbf

Rafters:

24 Rafters at Rad. 23.375 ft.: C 7 X 9.8  
42 Rafters at Rad. 46.778 ft.: C 8 X 18.75

Rafters Weight = 26,310 lbf

Girders:

6 Girders at Rad. 23.375 ft.: C 15 X 33.9

Girders Weight = 4,754 lbf

Columns:

1 Column at Center: 8 INCH SCH 40S PIPE  
6 Columns at Rad. 23.375 ft.: 8 INCH SCH 40S PIPE

Columns Weight = 4,737 lbf

PG 6::>Bottom Type: Flat Bottom: Annular  
Bottom Floor Material = A-240 Type 316L  
t.required = 0.1875 in.  
t.actual = 0.1875 in.  
Bottom Joint Efficiency = 1

Annular Bottom Plate Material : A-240 Type 316L  
Minimum Annular Ring Thickness = 0.236 in.  
t\_Annular\_Ring = 0.25 in.  
Minimum Annular Ring Width = 24 in.  
W\_Annular\_Ring = 44 in.

Total Weight of Bottom = 58,535 lbf

ANCHOR BOLTS: (32) 1.25in. UNC Bolts, A-193 Class 1 Gr B8M

### ***II.3.- DESARROLLO DE LA INGENIERÍA DE DETALLE.***

El concepto de ingeniería de detalle; es lo que conocemos o entendemos como la generación de planos para la fabricación de los equipos en cuestión, los cuales deben contener la información necesaria para que se pueda proceder con la construcción, estos planos sólo se deben emitir para su construcción, con previa autorización del cliente. El desarrollo de los planos de detalle consiste en indicar la cantidad de material, longitudes o dimensiones de los elementos que componen al equipo, como deberán ser unidas, el tipo de soldadura con el que se unirán, etc.

Para éste equipo en fue necesario desarrollar los siguientes planos:

- TBX-410-TKF-001-01 Arreglo General
- TBX-410-TKF-001-02 Desarrollo de Cuerpo
- TBX-410-TKF-001-03 Desarrollo de Fondo
- TBX-410-TKF-001-04 Desarrollo de Techo
- TBX-410-TKF-001-05 Detalles de Boquillas (1 de 3)
- TBX-410-TKF-001-05 Detalles de Boquillas (2 de 3)
- TBX-410-TKF-001-05 Detalles de Boquillas (3 de 3)
- TBX-410-TKF-001-06 Montaje de Largueros LI (1 de 2)
- TBX-410-TKF-001-06 Montaje de Largueros L2 (2 de 2)
- TBX-410-TKF-001-07 Escaleras y Plataformas
- TBX-410-TKF-001-010 Detalles de Clips

Un total de once planos que fueron desarrollados para poder llevar a cabo la construcción en sitio de éste espectacular equipo.

### ***II.3.1- ARREGLO GENERAL.***

Para poder realizar el plano “arreglo general” obtuve información de documentos que el cliente me proporcionó; como fueron dibujos de orientación y elevaciones de boquillas y dibujos básicos con dimensiones generales del equipo. También obtuve información de la memoria de cálculo, información que plasme y que puede ser consultada en el plano “arreglo general”, como es la altura, diámetro interior y exterior, espesores de cuerpo, fondo y techo. Además de todos estos datos que son necesarios para el proceso de manufactura del recipiente, el plano también contiene información que fue fundamental para otras disciplinas como el civil, ya que éste considera el peso del equipo para poder realizar la cimentación y en el caso de él equipo de tuberías, las orientaciones y elevaciones de las boquillas.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del plano no contaba con toda la información que requería para poder general el plano, por lo que fue necesario que estuviese en constante comunicación con personal de ICA, ya fuera por correo electrónico, llamadas telefónicas o visitas a oficinas, para solicitar información o aclaraciones técnicas y de esta forma cumplir en tiempo y forma con la entrega de la información.

Con la información que obtuve, generé el plano “arreglo general” el cual contiene la información necesaria para la realización de los planos para la manufactura del recipiente (información que posteriormente se detalla en éste trabajo). Además de plasmar las dimensiones y detalles de dicho equipo fui responsable de revisar toda la información que éste plano contiene. Verifiqué que cumpliera con los estándares y normatividad establecidos por el cliente y que cumpliera con API Standard 650 “Welded Tanks for Oil Storage”, además de los materiales con los que se fabricó el equipo.

Ver plano de “arreglo general” (figura 8) e información de elevación y orientación de boquillas.

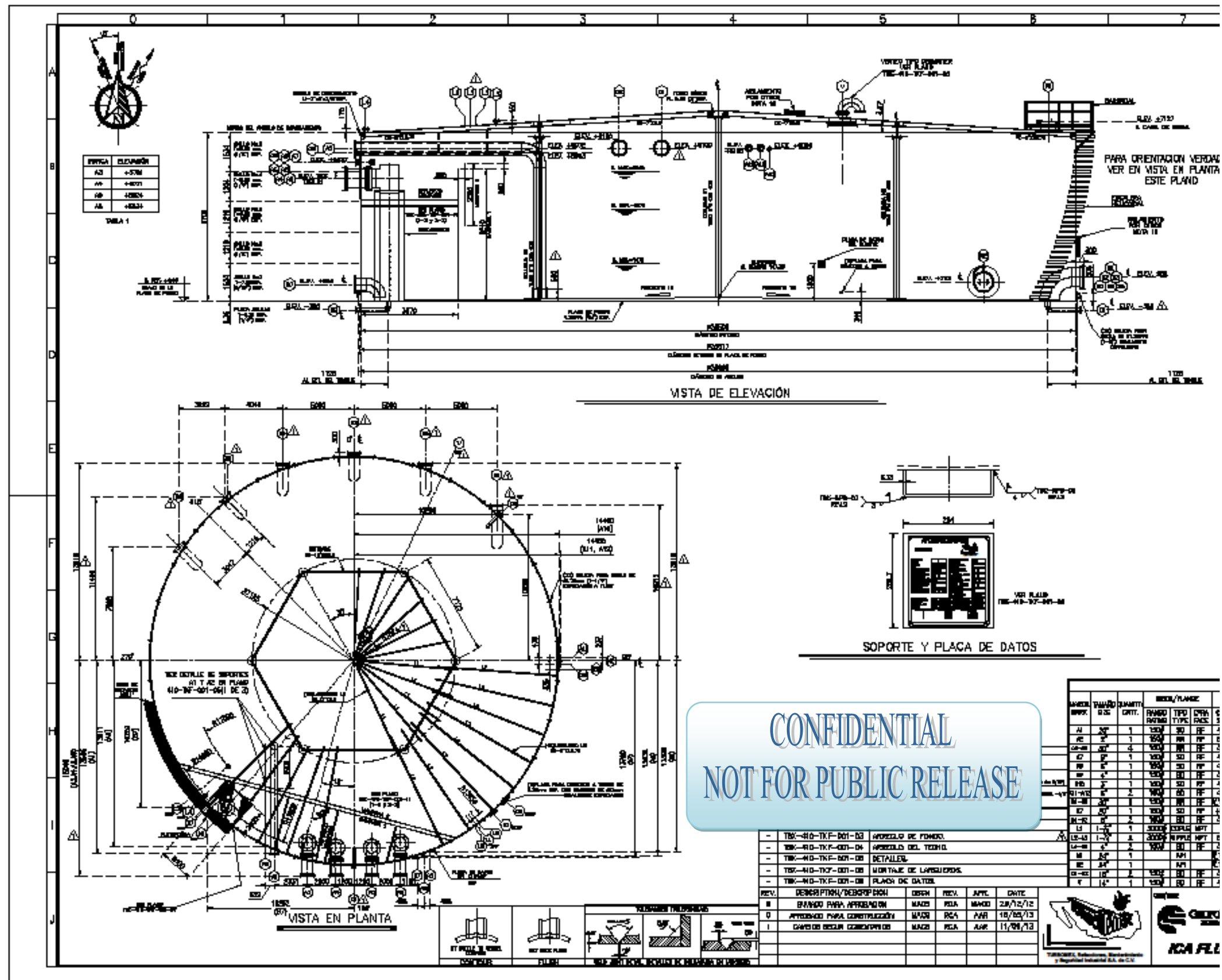


Figura 8. Arreglo General

### **II.3.2- DESARROLLO DE CUERPO.**

Durante esta etapa del proyecto, fueron asignados a mi supervisión un par de dibujantes, quienes fueron los encargados del desarrollo de los dibujos de éste equipo. Mi papel durante este proyecto fue el de coordinar y supervisar la ingeniería de detalle de este equipo de trabajo y el responsable de reportar a nuestro cliente los avances, o en su caso dudas o cualquier tipo de inconveniente durante el desarrollo de los trabajos de la ingeniería de detalle.

Dentro de mis actividades como ingeniero responsable de este equipo, estaba la de la supervisión de los dibujos que eran emitidos al cliente, por lo que mi responsabilidad era la revisión minuciosa de todos los elementos que componen cada uno de los planos que se generaron de éste equipo.

Éste plano es uno de los elementos de mayor importancia dentro del desarrollo de la ingeniería de detalle, ya que el cuerpo es donde se aloja la mayor cantidad de elementos (boquillas, refuerzos, clips, escalera helicoidal, etc), motivo por el cual dicho plano requirió de un esfuerzo adicional.

El objetivo principal de éste plano es el de mostrar la información necesaria a los encargados de la fabricación en sitio, es decir; indicar el número de placas, las dimensiones y la ubicación de cada una de ellas, indica detalles de soldadura, posición de boquillas, etc.

Durante el desarrollo de éste plano me enfrenté con varios inconvenientes, uno de ellos es el que a continuación se describe: En el caso de las boquillas A3, A4, A5 y A6 de 30" de diámetro nominal y con una placa de refuerzo de 1545 mm de diámetro, las cuales se encuentran ubicadas a una altura, a partir de la placa de fondo, de 5770mm referidas al centro de las boquillas. Dichas boquillas no cumplían con lo establecido por el estándar de diseño y fabricación API-650, de acuerdo a la tabla y figura abajo indicada.

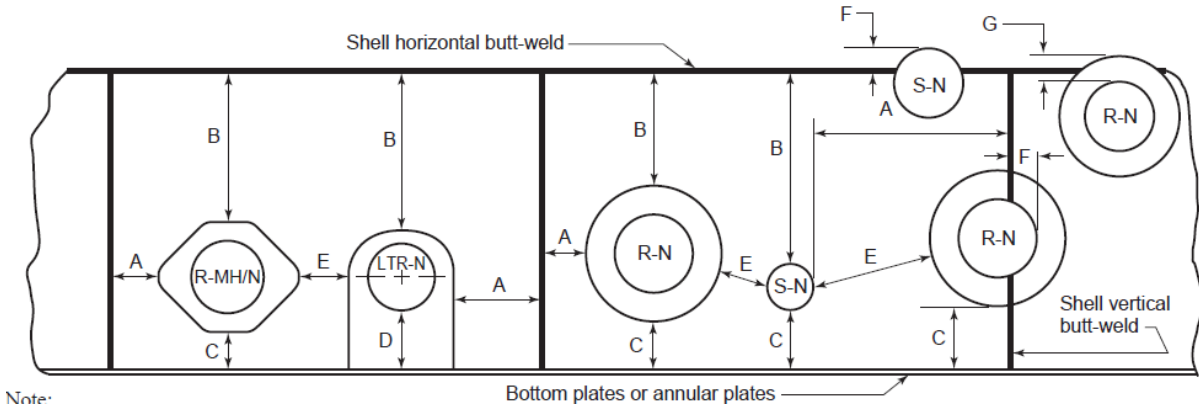


figura 9. Tolerancias Estándar API 650

El problema radicaba en los valores mínimos requeridos de C y G, acorde a la tabla que hace referencia el estándar API 650 figura 3-22, no cumplían con las dimensiones mínimas recomendadas por dicho estándar.

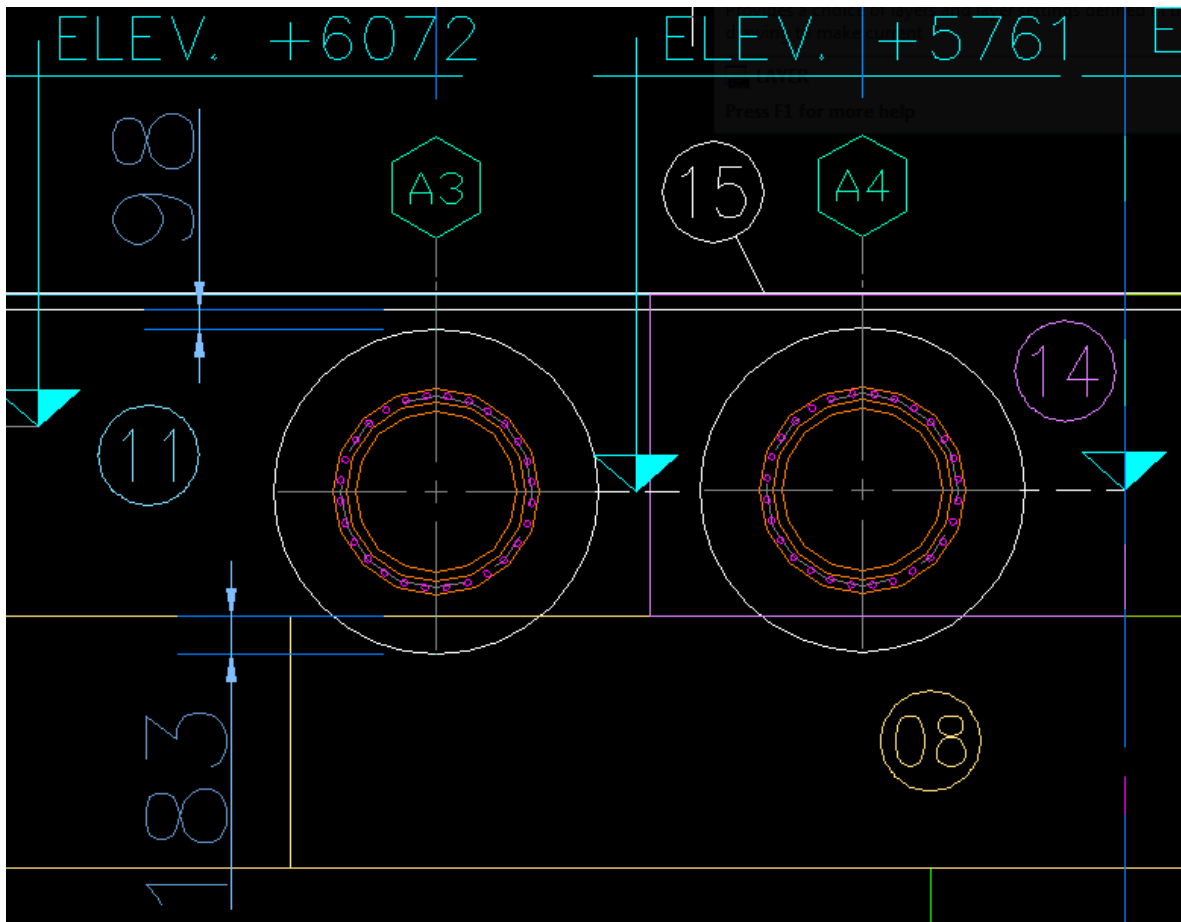
Las boquillas a las que hago referencia se encuentran ubicadas en el último nivel de placas (anillo No. 5 ver plano “Desarrollo de Cuerpo”) y no cumplían con los espesores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 2. Tolerancias establecidas por estándar API 650

Variables		Reference	Minimum Dimension Between Weld Toes or Weld Centerline (1)(3)						
Shell $t$	Condition	Paragraph Number	A (2)	B (2)	C (2)	D (4)	E (2)	F (5)	G (5)
$t \leq 12.5 \text{ mm}$ ( $t \leq 1/2 \text{ in.}$ )	As welded or PWHT	3.7.3.2	150 mm (6 in.)	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$ 75 mm (3 in.) for S-N	Table 3-6	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	$8t$ or $1/2 r$	$8t$
		3.7.3.3							
		3.7.3.3							
		3.7.3.3 • 3.7.3.4 • 3.7.3.4							
$t > 12.5 \text{ mm}$ ( $t > 1/2 \text{ in.}$ )	As Welded	3.7.3.1.a	$8W$ or 250 mm (10 in.)	$8W$ or 250 mm (10 in.)	$8W$ or 250 mm (10 in.) 75 mm (3 in.) for S-N	Table 3-6	$8W$ or 150 mm (6 in.)	$8t$ or $1/2 r$	$8t$
		3.7.3.1.b							
		3.7.3.3							
		3.7.3.3							
		3.7.3.3 • 3.7.3.4 • 3.7.3.4							
$t > 12.5 \text{ mm}$ ( $t > 1/2 \text{ in.}$ )	PWHT	3.7.3.2	150 mm (6 in.)	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	Table 3-6	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	$8t$ or $1/2 r$	$8t$
		3.7.3.3							
		3.7.3.3							
		3.7.3.3 • 3.7.3.4 • 3.7.3.4							

La solución que propuse al cliente fue un cambio a las elevaciones de las boquillas, de tal forma que cumpliéramos con los requerimientos mínimos establecidos por el estándar API 650.

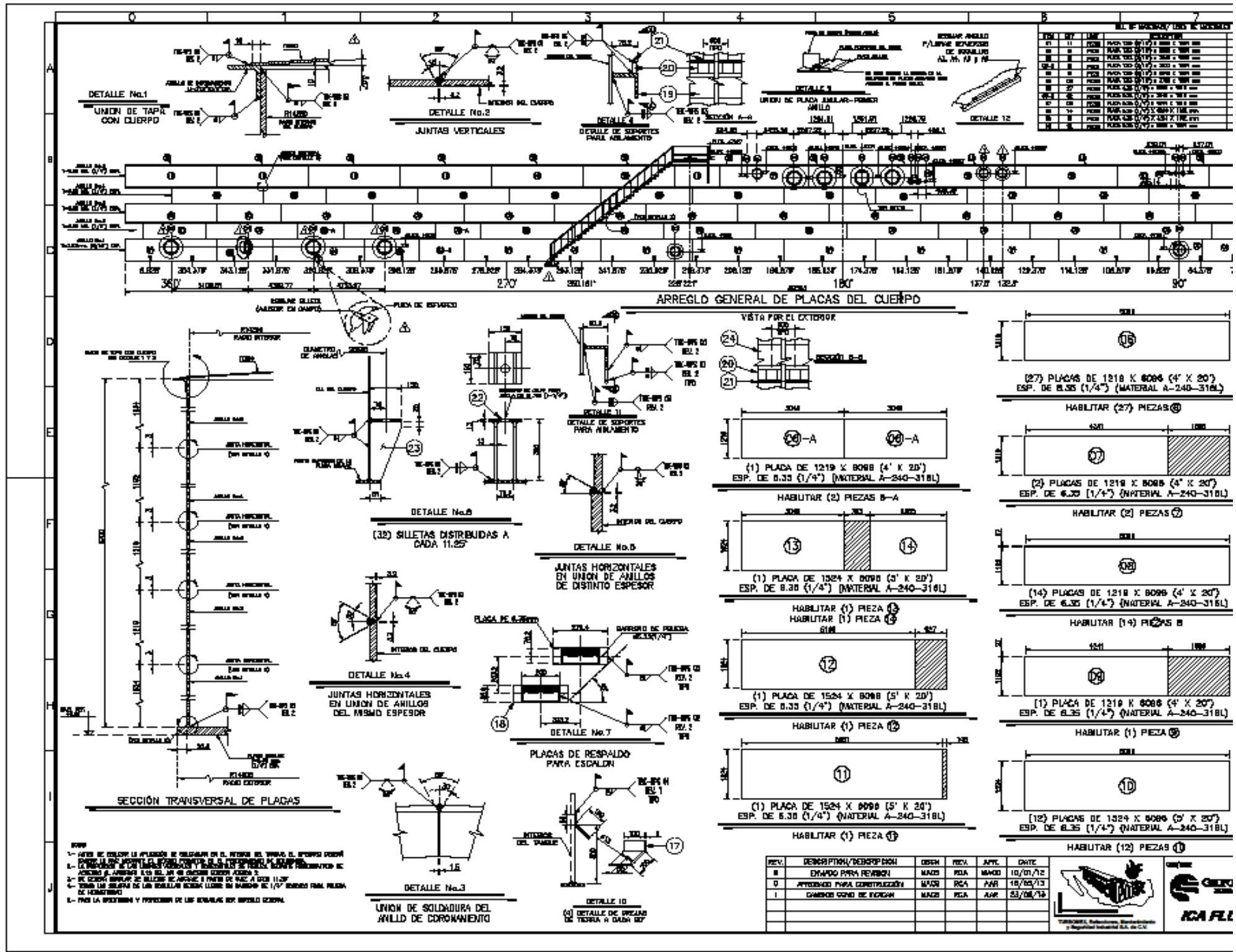
Las elevaciones finales son las que se muestran en la figura número 8.



*Figura 10. Elevaciones finales de boquillas.*

De esta forma nosotros fuimos capaces de garantizar el diseño y correcto funcionamiento de dicho equipo. De otro modo Turbo-mex no podía garantizar el diseño mecánico ni el correcto funcionamiento del equipo.

Para la fabricación del cuerpo requerimos 76 placas y el peso aproximado del cuerpo, aproximado fue de 35,500 Kg.



CONFIDENTIAL  
NOT FOR PUBLIC RELEASE

Figura 11. Desarrollo de Cuerpo





*Figura 12. Armado de cuerpo, vista exterior.*



*Figura 13. Armado de cuerpo, vista interior.*



*Figura 14. Armado de cuerpo y soportes de techo, vista interior.*



*Figura 15. Armado de cuerpo y boquillas de 36" de diámetro, vista interior.*





*Figura 16. Instalación de boquillas de 36" de diámetro, vista interior.*



*Figura 17. Instalación de boquillas de 36" de diámetro, vista exterior.*

### II.3.3- DESARROLLO DE FONDO

El plano “Desarrollo del Fondo” (TBX-410-TKF-001-03) , al igual que el resto de planos, la información que debe contener éste debe ser la necesaria para que se pueda proceder a la manufactura del fondo del tanque.

Al ser yo él responsable de la supervisión del desarrollo de la ingeniería de detalle, mi tarea consistía en generar la información necesaria para poder resolver dudas de los dibujantes y del cliente, entre otras actividades. Para ser capaz de resolver todas dudas técnicas fue necesario conocer manuales, normas de fabricación y diseño.

Con la experiencia previa que tuve en la generación de dibujos de ingeniería de detalle, conocía las herramientas e información necesaria para poder guiar al equipo de dibujantes que estaban bajo mi responsabilidad.

El trabajo de éste plano consistió en determinar la posición y dimensiones de los elementos que conforman las placas del fondo del tanque, establecer la forma en que debería unirse (por medio de soldadura) cada elemento.

Para el desarrollo de éste plano me auxilié de Estandar API 650, donde recomienda el tipo de uniones de soldadura.

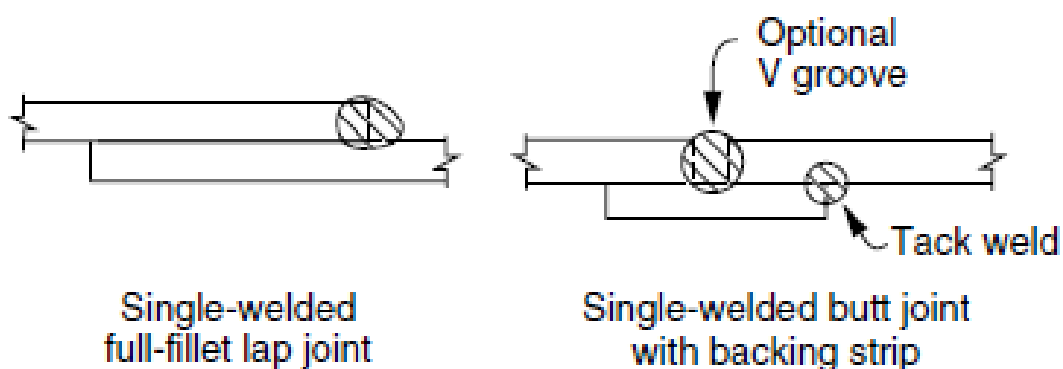
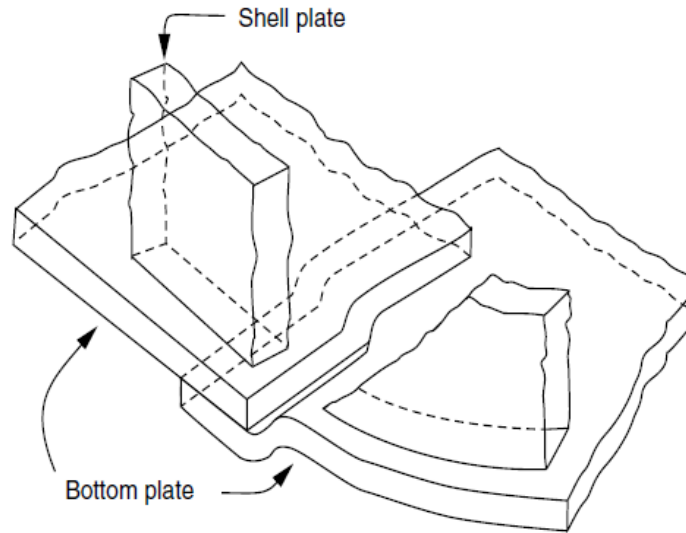


Figura 18. Unión de placas de fondo, API 650.



*Figura 19. Unión de placas de fondo y placa de cuerpo, API 650.*



*Figura 20. Ejemplo de unión con soldadura de placas de fondo.*

Para el desarrollo del fondo del equipo requerí un total de 83 placas, con un peso aproximado de 27,000 Kg. Cabe mencionar que las placas son de dos diferentes espesores, 6.35 mm para anillo anular y 4.76 mm para fondo, ya que no contábamos con el suficiente material de 4.76 mm de espesor para la fabricación del fondo por lo que decidí utilizar placa que 6.35mm de espesor, material con el que se contaba después de fabricar el cuerpo. Con esto evite que hubiera retrasos en la fabricación y un gasto extra para adquirir la placa de 4.76 mm de espesor que inicialmente se requería para la fabricación.

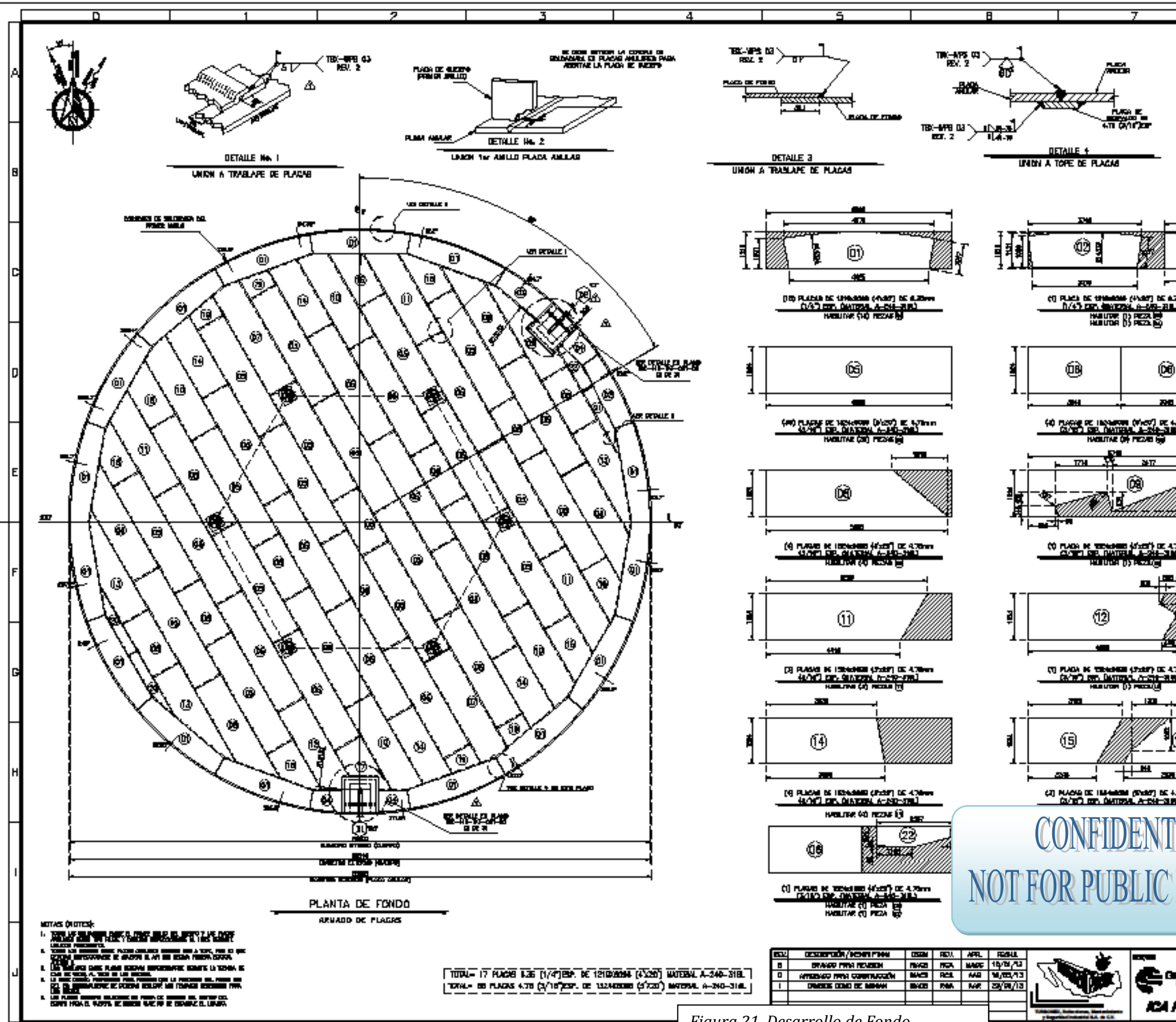


Figura 21. Desarrollo de Fondo.





*Figura 22. Ejemplo de cimentación y armado de fondo.*



*Figura 23. Ejemplo de cimentación y armado de fondo*



*Figura 24. Ensamble de placa de fondo.*



*Figura 25. Ejemplo de cimentación y armado de fondo*



### II.3.4- DESARROLLO DE TECHO.

El trabajo del plano “Desarrollo del Techo” (TBX-410-TKF-001-04) consistió en determinar la posición y dimensiones de los elementos que conforman el techo (tipo cónico) del tanque y los elementos que lo componen, como el anillo de coronamiento y boquillas, además de establecer la forma en que debería unirse (por medio de soldadura) cada elemento.

Para el desarrollo de este plano me auxilié de varias herramientas entre ellas el “Pressure Vessel Handbook” <sup>4</sup>y el Estándar API 650, donde recomienda los procedimientos de diseño y fabricación de los elementos que componen un recipiente; en este caso un recipiente atmosférico.

Siguiendo las recomendaciones del “Pressure Vessel Handbook” , donde se propone un método para el desarrollo del techo, con ayuda de la figura 23 determiné el ángulo  $\beta$  ( $\beta=0.70^\circ$ ), el cual se puede apreciar en el plano “Desarrollo del Techo Tanque de Recirculación de Electrolito” dicho valor de  $\beta$  es requerido para el correcto dimensionamiento de las piezas o placas que conformarían el techo cónico.

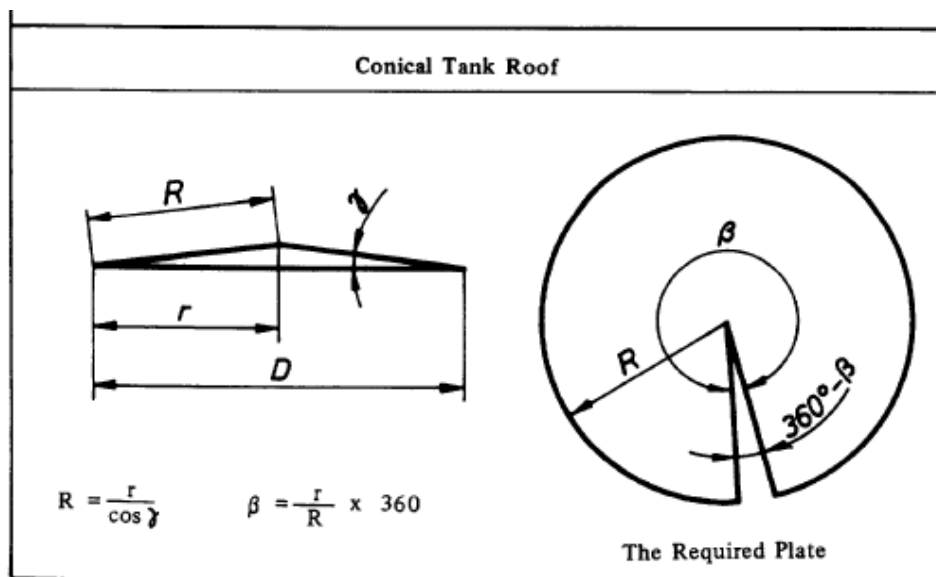


Figura 26. Tanque con techo cónico.

<sup>4</sup> • Eugene F. Merguesy, Pressure Vessel Handbook, Tenth edition, 1997. Pressure Vessel Publishing, Inc.

También me auxilié del Estándar API 650 para determinar la unión entre placas y la unión entre el cuerpo y el techo cónico.

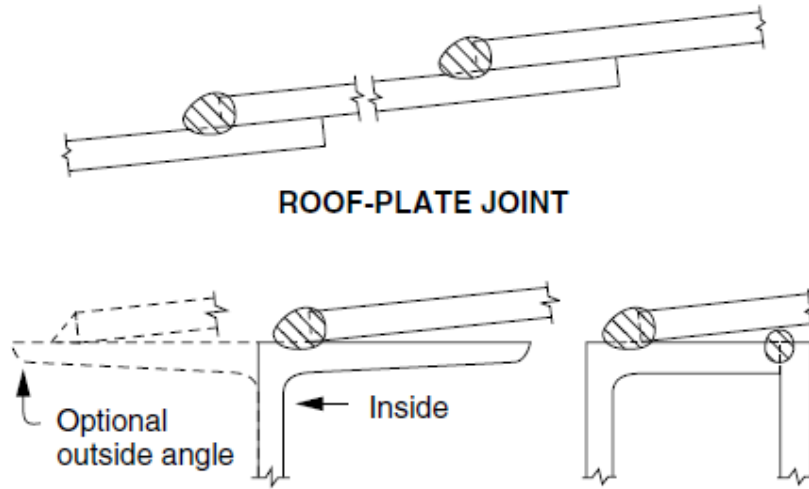


Figura 27. Ejemplo de unión de placas de techo. API 650.

Para este equipo seleccioné la unión techo-cuerpo el detalle tipo “b” que se muestra en la figura 25, obtenida del Estándar API 650. Detalle que se puede observar en el plano “Desarrollo del Techo” como “Detalle 4, Detalle de Unión Cuerpo-Techo”.

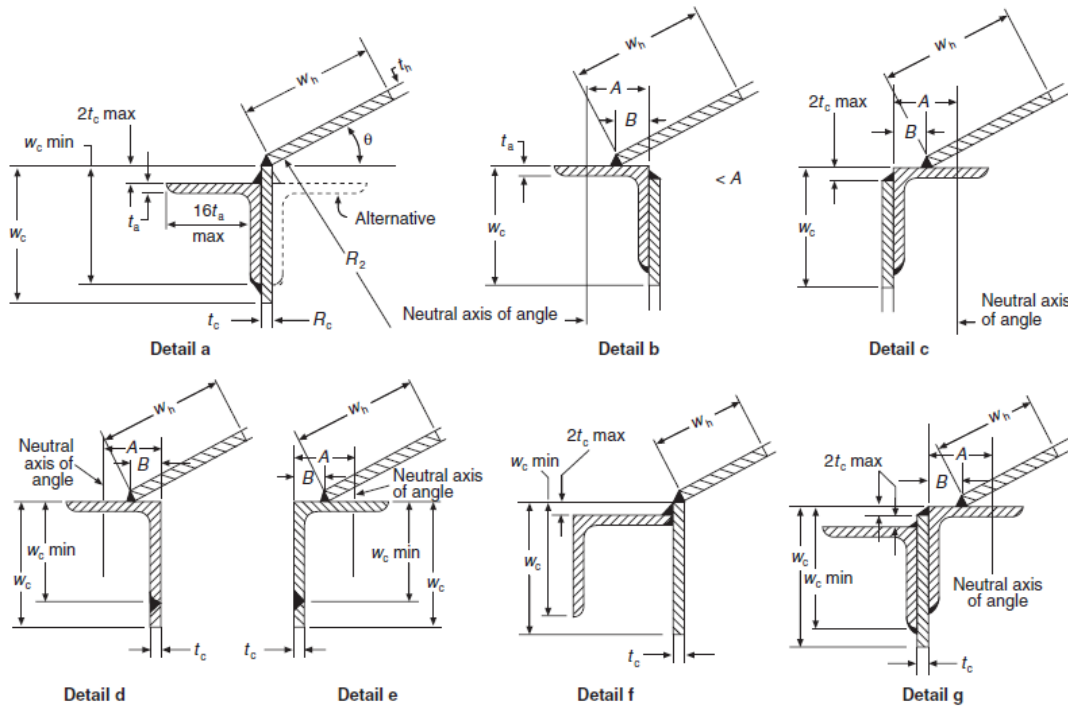
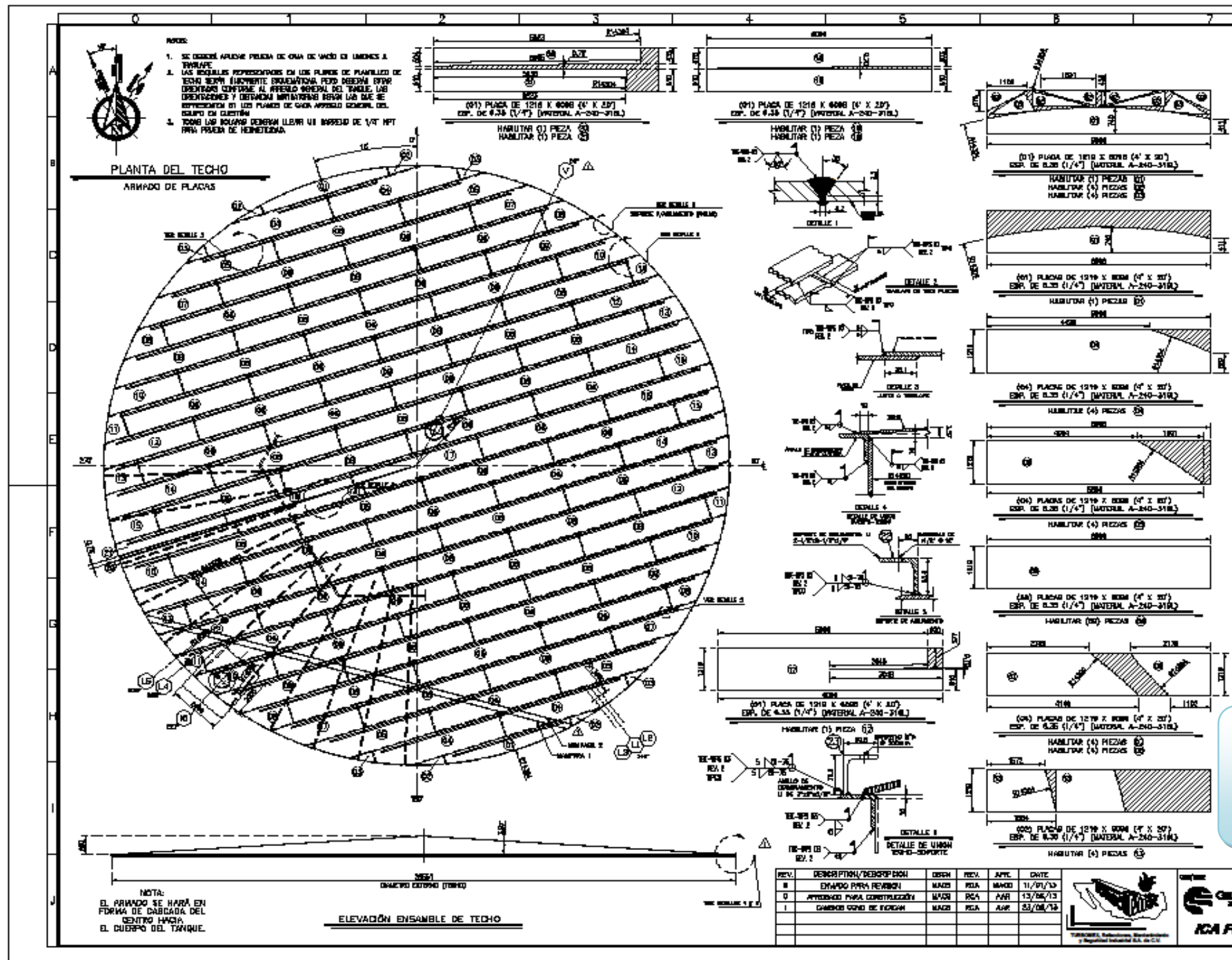


Figura 28. Tipos de unión cuerpo-techo. API 650.

Durante el desarrollo de este plano, y del resto que conforman el equipo, mi responsabilidad fue la de revisar que la información plasmada en los planos fuera correcta y suficiente para que se pudiera proceder a la aprobación por el cliente y posterior fabricación.

Para el desarrollo del techo requerí de un total de 91 placas de 1219 mm x 6096 mm de 6.35 mm de espesor, con peso aproximado de 38,450 Kg.

Debido a la política de confidencialidad de la empresa donde laboré, no se incluyen detalles en este trabajo de los siguientes planos *"DETALLES DE BOQUILLAS"*, *"MONTAJE DE LARGUERO"* y *"ESCALERAS Y PLATAFORMAS"*.



CONFIDENTIAL  
NOT FOR PUBLIC RELEASE

Figura 29. Desarrollo de Techo



*Figura 30. Vista interna de soporte para techo y techo parcialmente colocado.*





*Figura 31. Vista interna de soportes, tubería y techo.*



*Figura 32. Ejemplo de montaje parcial de techo tipo cónico.*



*Figura 33. Ejemplo de montaje parcial de techo tipo cónico.*

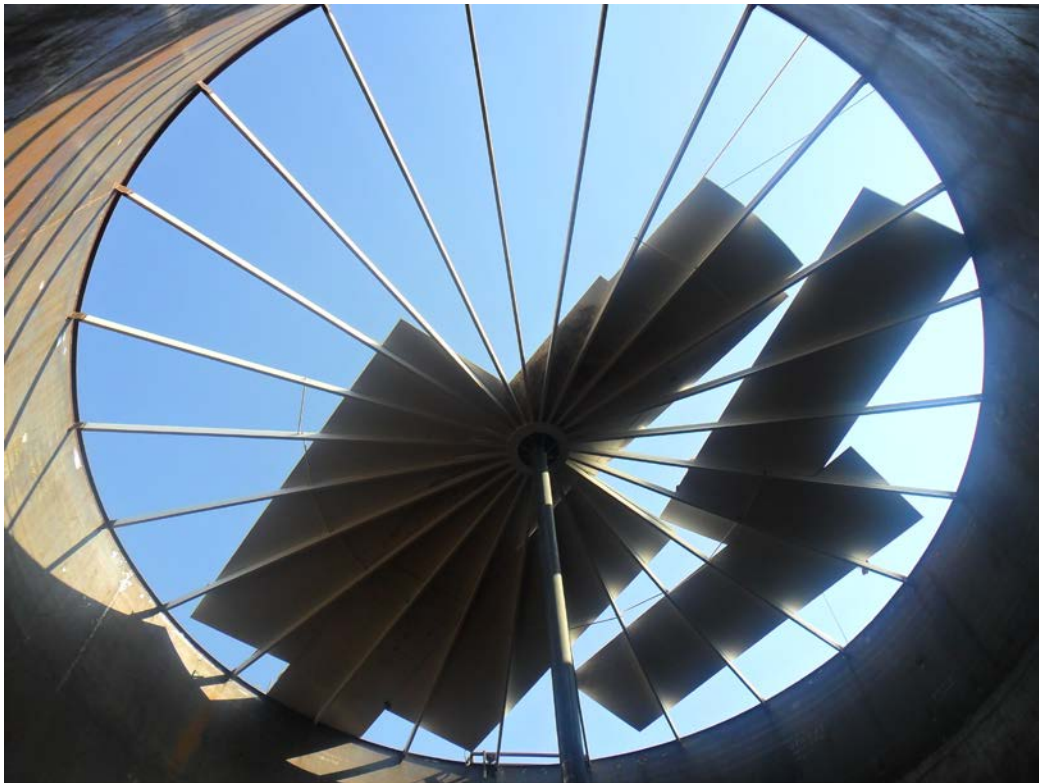


*Figura 34. Ejemplo de montaje parcial de techo tipo cónico.*





*Figura 35. Soporte para techo soportado tipo cónico.*



*Figura 36. Montaje de techo tipo cónico.*



## II.4.- TRABAJO EN TALLER.

Una vez que fueron aprobados los planos para construcción por el cliente, procedimos con los trabajos correspondientes en el taller, donde se llevó a cabo el conformado de los materiales; corte de placas, rolado, ajustes, etc. con la finalidad de que en el sitio de construcción solo se llevara a cabo el ensamble o unión de los elementos que conforman los equipos.

Tabla 3. Programa de fabricación propuesto por el cliente.

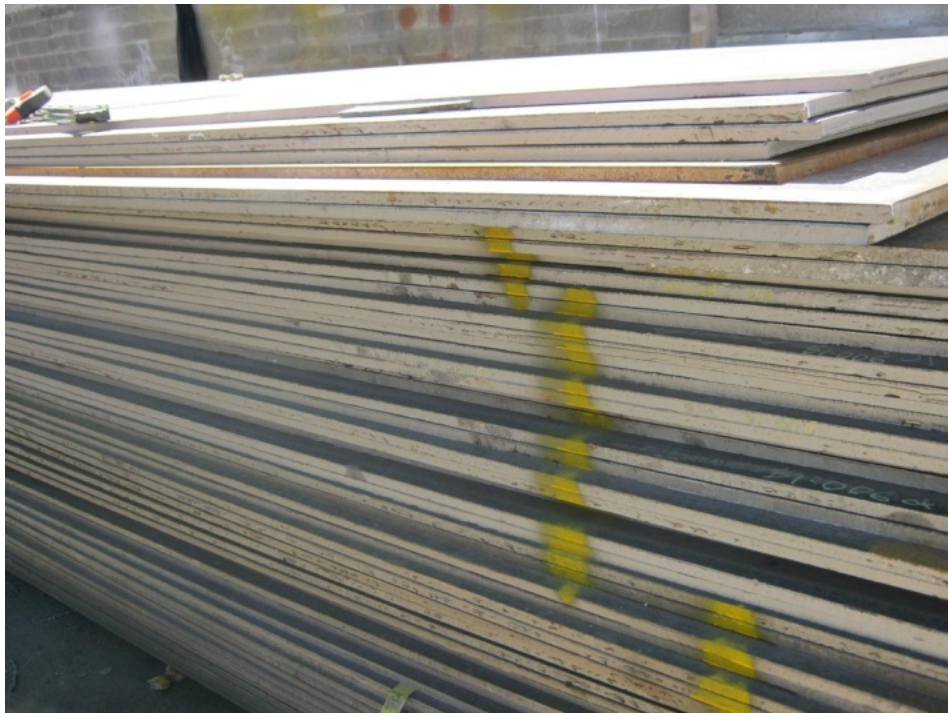
ITEM	Descripción	Area	Cant	Inicio	Fin	Meses	Comentarios
1	Tanque de Diluyente	400	1	02-Jul-13	16-Sep-13	2.5	
2	Tanque de Ácido Sulfúrico	400	2	15-Feb-13	01-Jul-13	4.5	
3	Tanque Agua Contra Incendio	400	1	15-Feb-13	15-Sep-13	7	
4	Tanque de Agua de Proceso	400	1	15-Feb-13	01-Jul-13	4.5	
5	Tanque de Almacenamiento Diesel	410	1	17-Abr-13	17-Jun-13	2	Dimensiones por confirmar
6	Tanque de Electrolito Rico	400	1	19-Jul-13	17-Sep-13	2	
7	Tanque de Electrolito Pobre	400	1	18-May-13	18-Jul-13	2	
8	Tanque para Sumidero de Emergencia	620	1	18-Jun-13	02-Sep-13	2.5	
9	Tanque de Recirculación de Electrolito	410	1	15-Feb-13	15-Sep-13	7	
10	Tanque para Fosa D.E.	410	1	15-Feb-13	16-Abr-13	2	
11	Tanque de Retención	400	2	15-Feb-13	17-May-13	3	
12	Tanque Orgánico Recuperado de Centrifuga	400	1	19-Jul-13	17-Sep-13	2	
13	Tanque Post Decantador Electrolítico	400	1	02-Jul-13	16-Sep-13	2.5	
14	Tanque de Extractante	400	1	03-May-13	18-Jul-13	2.5	
15	Tanque de Retrolavado	400	2	15-Feb-13	02-May-13	2.5	

Con los planos aprobados por el cliente se realizó la fabricación en sitio de Tanque de Recirculación de Electrolito con capacidad 4, 274 m<sup>3</sup> y con un peso aproximado de 120, 000 Kg.

En esta parte del trabajo en taller mi participación se limitó a la realización de requisiciones de materiales, considerando los materiales que se contabilizaron en los planos de fabricación. Y reportar al cliente los avances referentes al rolado de placa y envío de materiales al sitio de construcción.



*37. Figura Recepción de material en taller, placa acero inoxidable.*



*Figura 38. Recepción de material en taller, placa acero al carbono.*



*Figura 39. Envío de placa rolada al sitio de construcción.*

## **II.4.- RESULTADOS.**

Después de varias semanas consecutivas de intenso trabajo, logré que los siguientes planos fueran aprobados por el cliente para su construcción, con los recursos mostrados en la tabla 4.

*Tabla 4. Planos aprobados para construcción por el cliente*

<b>Plano</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Horas</b>	<b>Rev. Internas</b>	<b>Rev. clientes</b>	<b>Número de participantes</b>
<b>Arreglo General</b>	1	40	3	2	1
<b>Desarrollo de cuerpo</b>	1	40	3	2	3
<b>Desarrollo de fondo</b>	1	40	3	2	3
<b>Desarrollo de techo</b>	1	40	2	2	3
<b>Detalles de boquillas</b>	3	120	3	1	3
<b>Montaje de largueros</b>	2	80	2	1	3
<b>Escaleras y plataformas</b>	1	40	2	1	2
<b>Detalle de clips</b>	1	40	2	1	2
<b>TOTAL</b>	11	440	20	12	3

Cabe mencionar que contábamos con ocho semanas para la entrega final de los planos de este equipo, y gracias al orden, compromiso y entrega del equipo que conformé para desarrollar la ingeniería de detalle de este equipo, logré que los planos fueran aprobados con una semana de anticipación y de esta forma cumplir con la meta que mi equipo y yo nos planteamos al inicio del proyecto.

Durante la fabricación en sitio surgieron algunos problemas por “falta” de información en los planos, problemas que considero aceptables debido a la magnitud del proyecto, pero esos “problemas” no generaron ningún tipo de retraso en la fabricación del equipo, ya que fueron detalles mínimos, los cuales fueron resueltos ágilmente por mí y el equipo que conformo este proyecto.

Un problema en específico, fue la omisión de algunos soportes para tubería, pero el problema fue rápidamente resuelto, fue necesario generar algunos dibujos adicionales, donde se indicaba las características de los soportes, con lo cual dicho problema fue resuelto.

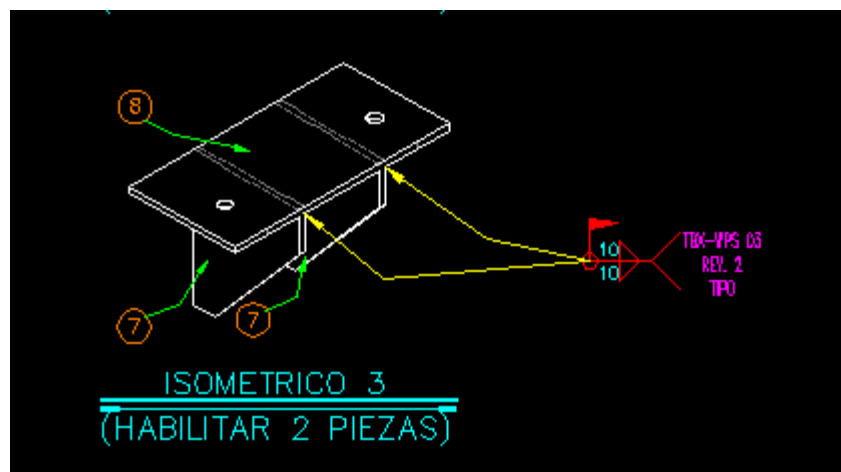


Figura 40. Detalles adicionales de soportes de tubería.

Este tipo de “problemas” fueron considerados en futuros proyectos, lo que me ayudó a evitar la omisión de información que es importante considerar para todos los proyectos de este tipo.

A continuación se enlistan algunos planos con comentarios del cliente, con la finalidad de ejemplificar las revisiones y comentarios que el cliente hacia a nuestro trabajo.

- Arreglo General Rev. 0
- Desarrollo de Techo Rev. 0
- Desarrollo del Cuerpo Rev. 0
- Desarrollo de Fondo Rev. 0



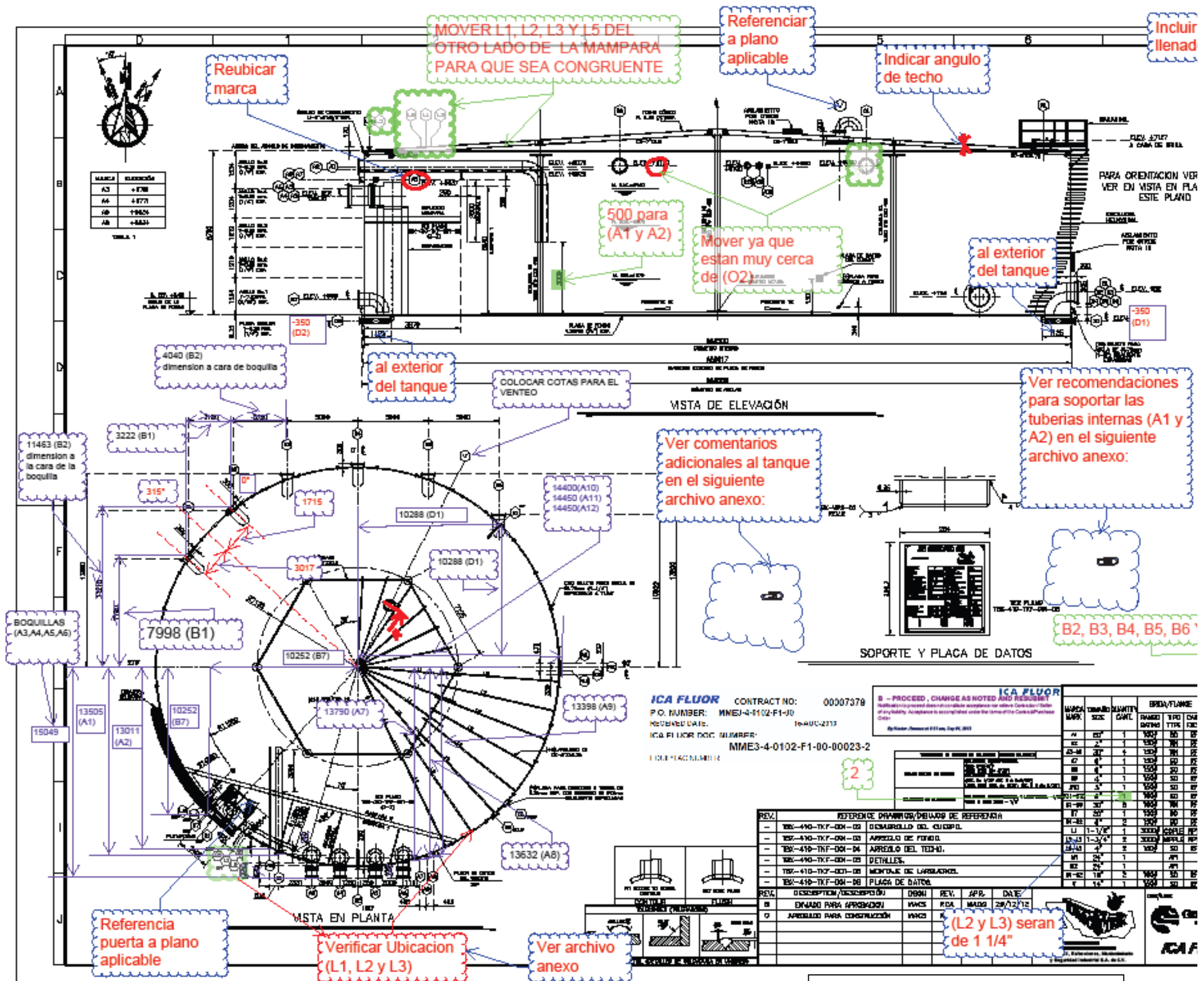
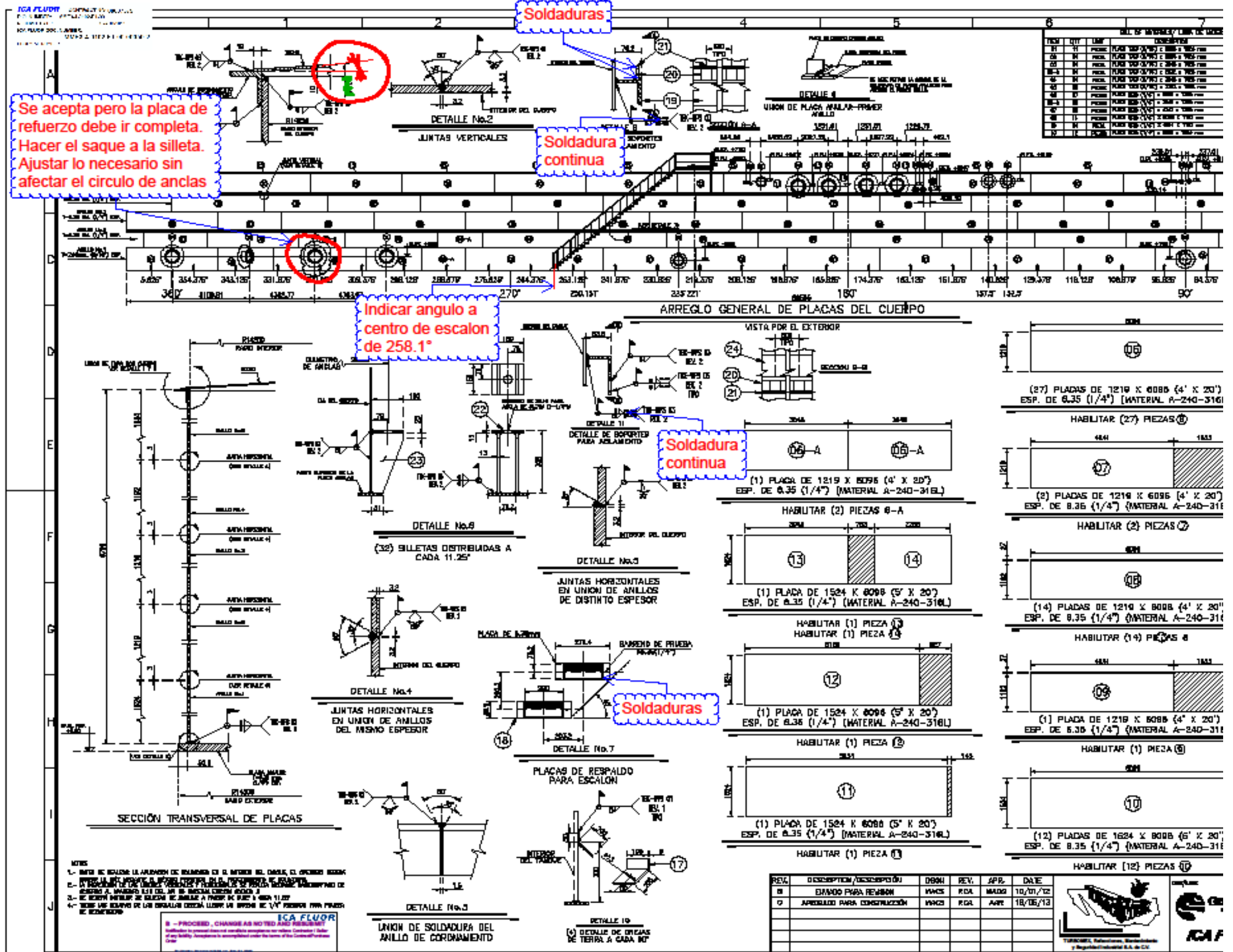


Figura 41. Plano comentado por el cliente.

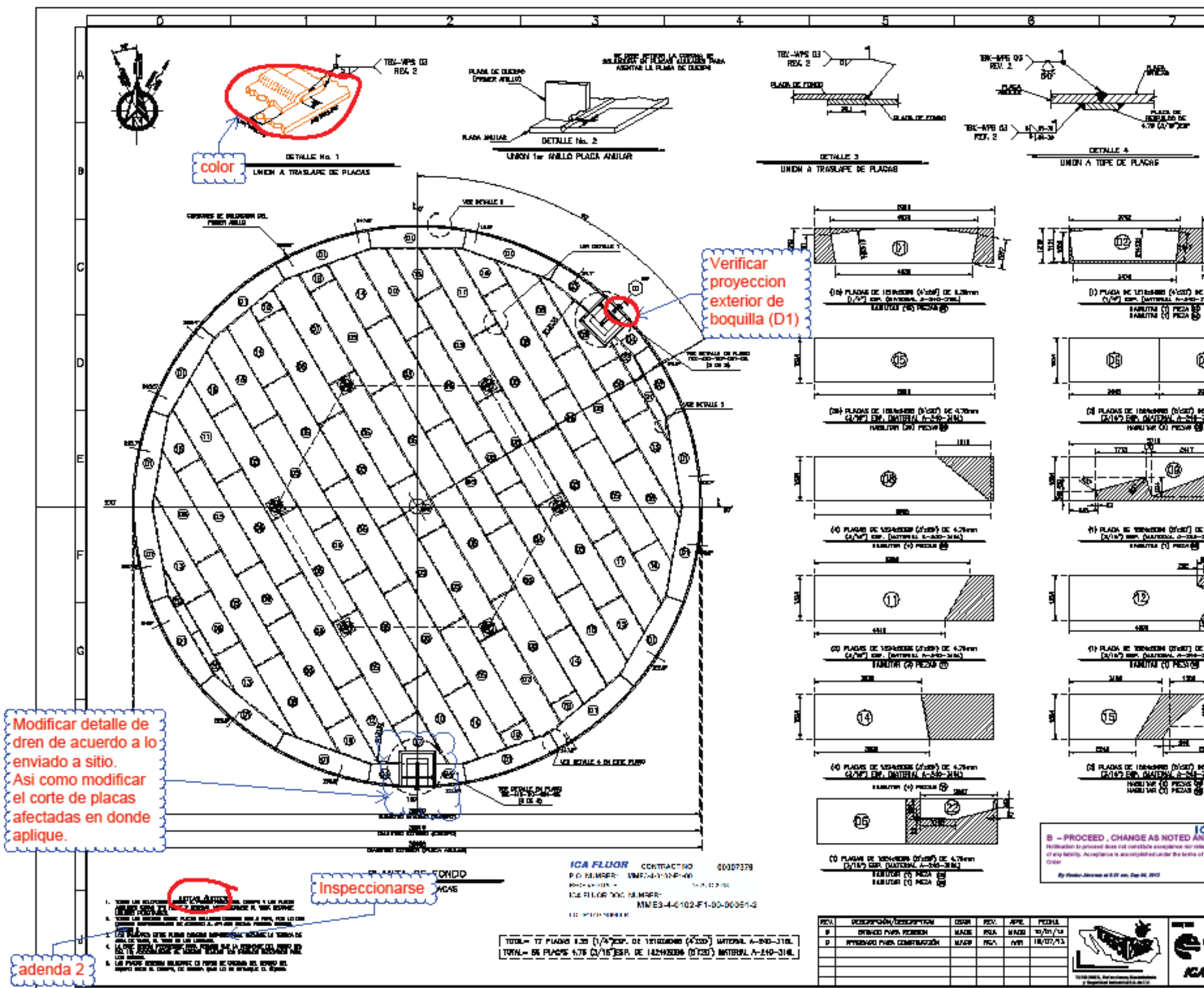
CONFIDENTIAL  
NOT FOR PUBLIC RELEASE





CONFIDENTIAL  
NOT FOR PUBLIC RELEASE

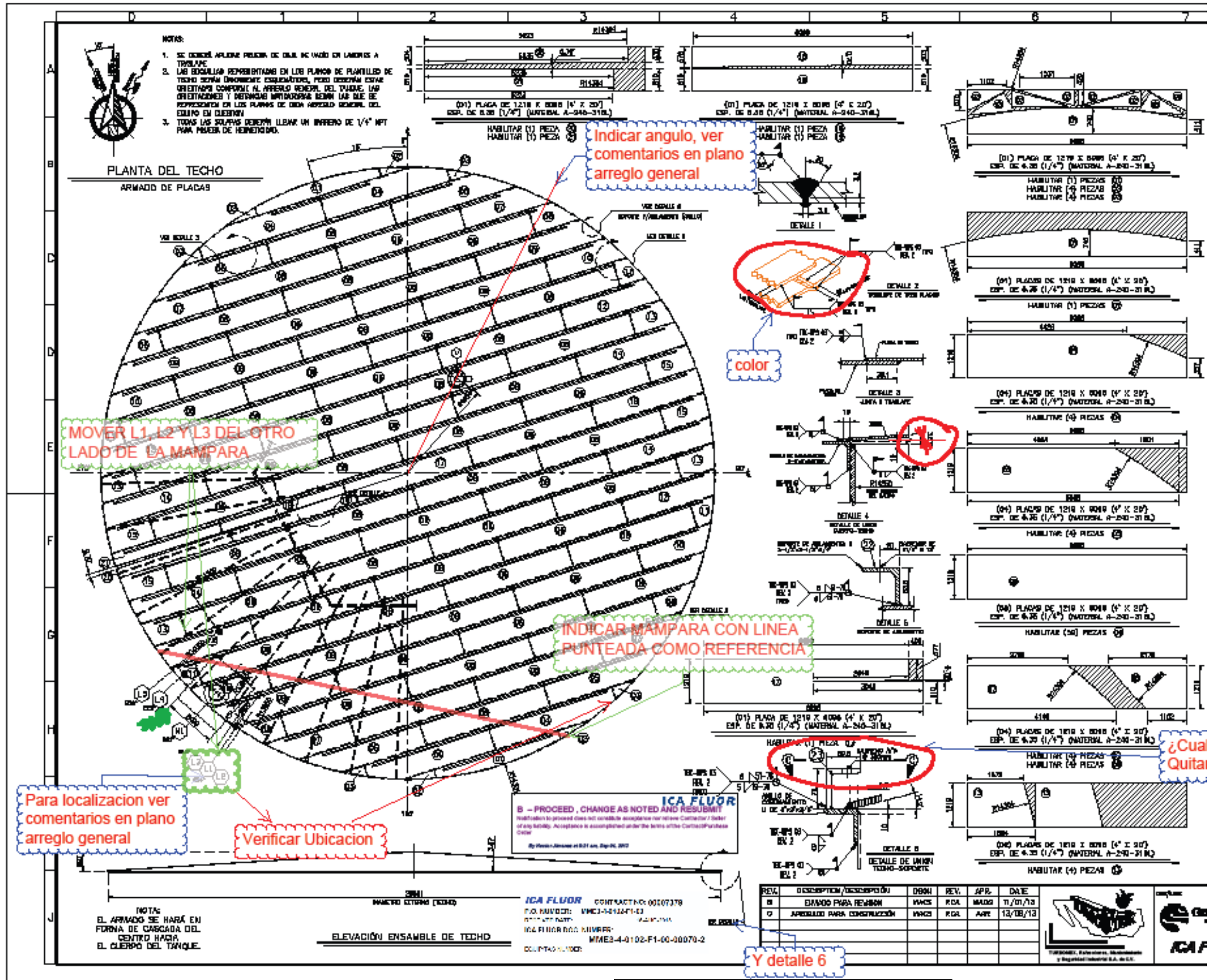
Figura 42. Plano comentado por el cliente.



CONFIDENTIAL  
NOT FOR PUBLIC RELEASE

Figura 43. Plano comentado por el cliente.





CONFIDENTIAL  
NOT FOR PUBLIC RELEASE

Figura 44. Plano comentado por el cliente.

### III. CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto fue el desarrollo de la ingeniería de detalle, para la fabricación de un tanque atmosférico fabricado de acero inoxidable SA-240-316L con la capacidad de almacenar 4,273 m<sup>3</sup> (4, 773, 000 litros) y un peso aproximado de 115, 000 Kg. El objetivo se cumplió al cien por ciento, muestra de ellos son los once planos que al final de la ingeniería de detalle logré que fueran aprobados por el cliente, para la fabricación del equipo, algunos de dichos planos fueron descritos en éste trabajo, sin embargo, el resto de los planos por políticas de confidencialidad de la empresa no se describen en éste trabajo.

Para poder cumplir con el objetivo se invirtieron cerca de 440 horas y un equipo conformado por dos dibujantes y un ingeniero responsable de coordinar los trabajos.

Durante al desarrollo del proyecto me enfrenté con varios problemas, pero sin duda el mayor de ellos fue liderar a los dibujantes que estuvieron a mi cargo, ya que no contaban con experiencia previa en el desarrollo de la ingeniería de detalle, lo que generó dudas, errores, retrasos y mucho re-trabajo al inicio de la ingeniería de detalle, problema que logré resolver durante el desarrollo del proyecto, instruyendo, proporcionando información y principalmente a través de la buena comunicación que mantuve con mi equipo de trabajo.

Para cumplir con el objetivo del proyecto, fueron de gran utilidad los conocimientos y habilidades que adquirí en mi paso por la Facultad de Ingeniería, habilidades como las de dibujo en 2D y 3D, la generación de planos y manejo de paquetería de dibujo y diseño. Gracias a esas herramientas adquiridas en la Facultad y complementadas con la experiencia adquirida en el campo laboral, fue posible alcanzar los objetivos de este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- API Standard 650, *Welded Tanks for Oil Storage*, Twelfth Edition, Addendum 1, September 2014.
- Eugene F. Merguesy, *Pressure Vessel Handbook*, Tenth edition, 1997. *Pressure Vessel Publishing, Inc.*