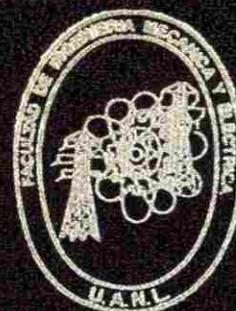


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN  
PROGRAMA DE DISEÑO MECANICO PARA  
TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

**POR**

**GUILLERMO NIETO DAVALOS**

**TESIS:**

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA  
CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

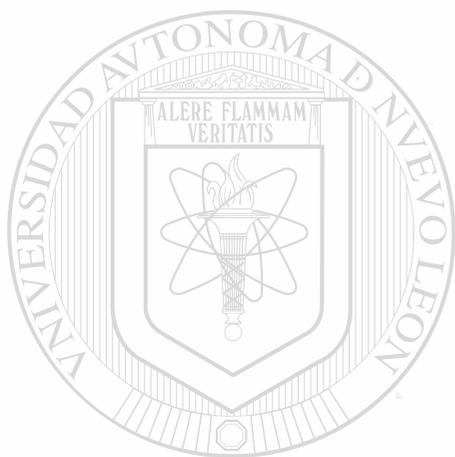
**MAYO DEL 2001**

DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN  
PROGRAMA DE DISEÑO MECANICO PARA  
TRANSFORMADORES DE POTENCIA

TM  
Z5853  
.N2  
FIME  
2001  
.N5



1020146058



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN  
PROGRAMA DE DISEÑO MECANICO PARA  
TRANSFORMADORES DE POTENCIA

POR

UANL

GUILLERMO NIETO DAVALOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA  
CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO

CIUDAD UNIVERSITARIA

MAYO DEL 2001

0151-60360 VTUS  
230256 v.1.0.0

TH  
25853  
•M2  
FIME  
2001  
•NS



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO  
TESIS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN  
PROGRAMA DE DISEÑO MECANICO PARA  
TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

**POR**

**U A N L**

**GUILLERMO NIETO DAVALOS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

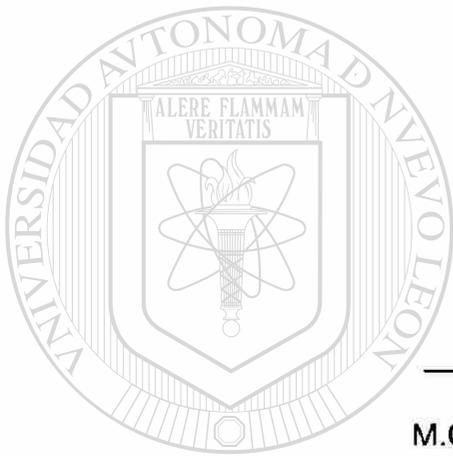
**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA  
CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

**MAYO DEL 2001**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "Desarrollo e Implementación de un Programa de Diseño Mecánico para Transformadores de Potencia " realizada por el Ing. Guillermo Nieto Davalos sea aceptada como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Diseño.



El Comité de Tesis

Asesor

M.C. Roberto Villarreal Garza

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Coasesor

M.C. Daniel Ramírez Villarreal

Coasesor

M.C. Moisés Espinoza Esquivel

Vo.Bo.

M.C. Roberto Villarreal Garza  
División de Estudios de Posgrado

San Nicolas de los Garza, Nuevo Leon a Mayo del 2001

# DEDICATORIA

A DIOS, sobre todas las cosas.

A MI HERMOSA ESPOSA,

**Lic. Ma. Antonia Muñoz Ortiz,**

por su apoyo incondicional, quien con su comprensión y cariño

me motivó y alentó a concluir esta etapa tan anhelada

iniciada en Febrero de 1981.

A MIS AMADOS HIJOS,

**Guillermo, Lucía Montserrat,  
Andrea Mitchel e Irma Angélica,**

quienes son mi orgullo y esperanza en esta vida, y por el tiempo

que les robé.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

A MIS QUERIDOS PADRES,  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS  
**Guillermo Nieto Leal y Lucía Mireya Dávalos Enriquez,**

como homenaje al gran esfuerzo que realizaron para brindarme

una educación profesional, al ejemplo de responsabilidad hacia el

trabajo y la disciplina.

# AGRADECIMIENTOS

A mis maestros, ejemplo a seguir, por su dedicación y  
paciencia, justo significado de la palabra vocación.

En especial al M.C. Roberto Villarreal Garza por su apoyo y  
finas atenciones desde el inicio de mis estudios de licenciatura.

Al M.C. Daniel Ramírez Villarreal y M.C. Moises Espinoza  
Esquivel, por sus valiosos consejos y soporte como coasesores  
para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Ernesto Sánchez Morales y el Ing. Arnoldo Lara  
Martínez por que gracias a su apoyo y enseñanzas han hecho  
que yo siga creciendo personal y profesionalmente.

Al Ing. Alfonso Delgado, Ing. Nicéforo Martínez e Ing. Carlos  
Garza, por sus enseñanzas invaluable en el área de la  
Ingeniería del Transformadores de Potencia

Al Sr. Jesús García Perales y el equipo de Diseño Mecánico  
Gran Potencia, compañeros y amigos de siempre por las  
facilidades dadas para la actualización y valoración de esta tesis.

# ÍNDICE

Capitulo Pagina

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
INTRODUCCION.	1
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.	7
1.1 ○ Objetivo general del programa.	7
1.2 Objetivos específicos del programa.	7
1.3 Justificación del programa de calculo integrado.	8
1.4 Requerimientos del diseño y sus periféricos.	9
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.	11
2.1 Antecedentes históricos.	11
2.2 Hipótesis.	13
2.3 Breve introducción a las normas y estándares relacionados con el diseño del transformador.	13

2.3.1 Norma internacional ANSI C.57-12.10-1988, Requerimientos de Seguridad para transformadores de 230 kV y menores. . . . .	14
2.3.2 Norma K.0000-06 Comisión Federal de Electricidad para Transformadores de Potencia de 10 MVA y mayores. . . . .	21
2.3.3 Características particulares del cliente. . . . .	28

3. METODOLOGÍA. . . . . 29

4. FÓRMULAS Y PROCEDIMIENTOS. . . . . 32

4.1 Armado interno preliminar del transformador. . . . . 32

4.1.1 Hoja de diseño eléctrico y su contenido. . . . . 33

4.1.2 Selección de boquillas de alta y baja tensión. . . . . 34

4.1.3 Calculo de barras para baja tensión. . . . . 34

4.2 Hoja de datos generales. . . . . 38

4.3 Calculo de paredes; tapa y sus refuerzos. . . . . 40

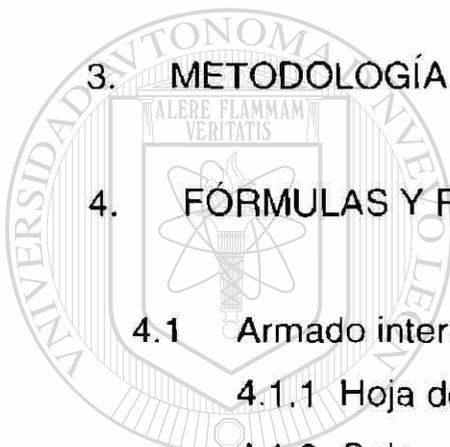
4.4 Calculo de pernos guía entre ceja y tapa. . . . . 45

4.5 Calculo del tanque conservador. . . . . 47

4.6 Calculo de la hoja integrada de pesos y volúmenes. . . . . 48

4.7 Calculo del centro de gravedad para operación y  
embarque. . . . . 51

4.8 Calculo de las orejas para izaje del conjunto del  
transformador completamente ensamblado. . . . . 53



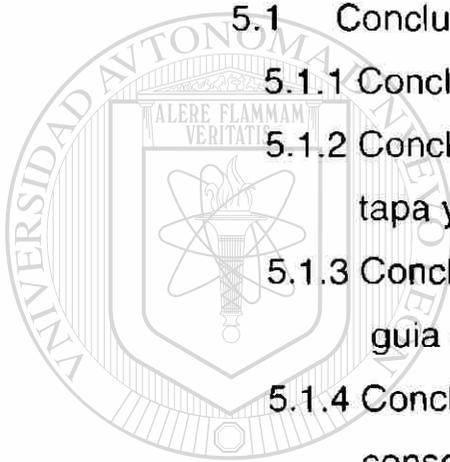
U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



4.9	Calculo del soporte del banco de radiadores de enfriamiento por convección natural ( OA ) y forzado ( FA ) independiente del tanque principal transformador. . . . .	54
5.	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS. . . . .	55
5.1	Conclusiones. . . . .	55
5.1.1	Conclusiones de la hoja de datos generales	55
5.1.2	Conclusiones de la hoja de calculo de paredes tapa y sus refuerzos. . . . .	56
5.1.3	Conclusiones de la hoja de calculo de pernos guia entre ceja y tapa. . . . .	57
5.1.4	Conclusiones de la hoja de calculo de tanque conservador. . . . .	58
5.1.5	Conclusiones de la hoja de calculo integrada de pesos y volúmenes. . . . .	59
5.1.6	Conclusiones de la hoja de calculo de centro de gravedad para operación y embarque. . . . .	60
5.1.7	Conclusiones de la hoja de calculo de las orejas para izaje del transformador completo	61
5.1.8	Conclusiones de la hoja de calculo del soporte del banco de radiadores de enfriamiento por convección natural (OA) y forzado (FA) independiente del tanque principal del transformador.	62
5.1.9	Resumen de conclusiones. . . . .	62
5.2	Sugerencias. . . . .	63



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



6.	SECCIÓN DE FORMULARIOS Y EJEMPLOS.	64
6.1	Hoja de datos de entrada (ejemplo)	65
6.2	Calculo de paredes; tapa y sus refuerzos.	67
6.3	Calculo de pernos guía entre ceja y tapa.	82
6.4	Calculo del tanque conservador.	86
6.5	Calculo de la hoja integrada de pesos y volúmenes.	90
6.6	Calculo del centro de gravedad para operación y embarque.	121
6.7	Calculo de las orejas para izaje del transformador completo.	131
6.8	Calculo del soporte para banco de radiadores de enfriamiento independiente del tanque principal del transformador.	139

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



GLOSARIO DE TERMINOS . . . . . 144

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA . . . . . 150

LISTADO DE FIGURAS . . . . . 152

LISTADO DE TABLAS . . . . . 153

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO . . . . . 169

# INTRODUCCIÓN

El diseño mecánico de transformadores de potencia representa un área muy amplia de oportunidades para la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos durante la carrera de licenciatura en ingeniería mecánica y eléctrica, desde los principios de resistencia de materiales hasta elementos de máquinas, de los conceptos básicos de magnetismo y electricidad hasta conceptos un poco más profundos como lo son el efecto corona y la distribución de campos eléctricos, pasando por el diseño de control y fuerza de motores hasta las señalizaciones de alarmas y disparos para la protección del transformador. Pero también es una escuela para el aprendizaje de conocimientos prácticos, como lo es el aprender las capacidades del equipo instalado para la fabricación de partes. La interacción entre las ideas, el diseño y el dibujo de restirador, o ya bien ahora, con el apoyo de sistemas computarizados de dibujo en dos y tres dimensiones como los son el **Drafix**® y **AutoCad**®. Y en este último estriba uno de los puntos claves para un buen diseño, optimizado y acorde al llevar las ideas a la práctica, sin descuidar la sencillez de la elaboración en el taller.

La otra gran rama que todo diseñador tarde que temprano deberá aprender a manejar es la de la administración, de ahí el mantener una comunicación abierta con los departamentos de producción, aseguramiento de calidad y servicios, atendiéndolos como lo que son: los clientes pero a la vez no perdiendo el enfoque del cliente final, al que se le debe brindar la funcionalidad y calidad esperada del diseño del transformador, brindando los más altos estándares de seguridad y manteniendo un equipo de trabajo en armonía y al cual delegar responsabilidades, pero siempre con una adecuada supervisión de

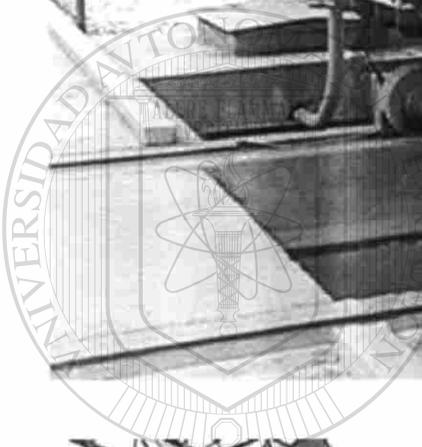
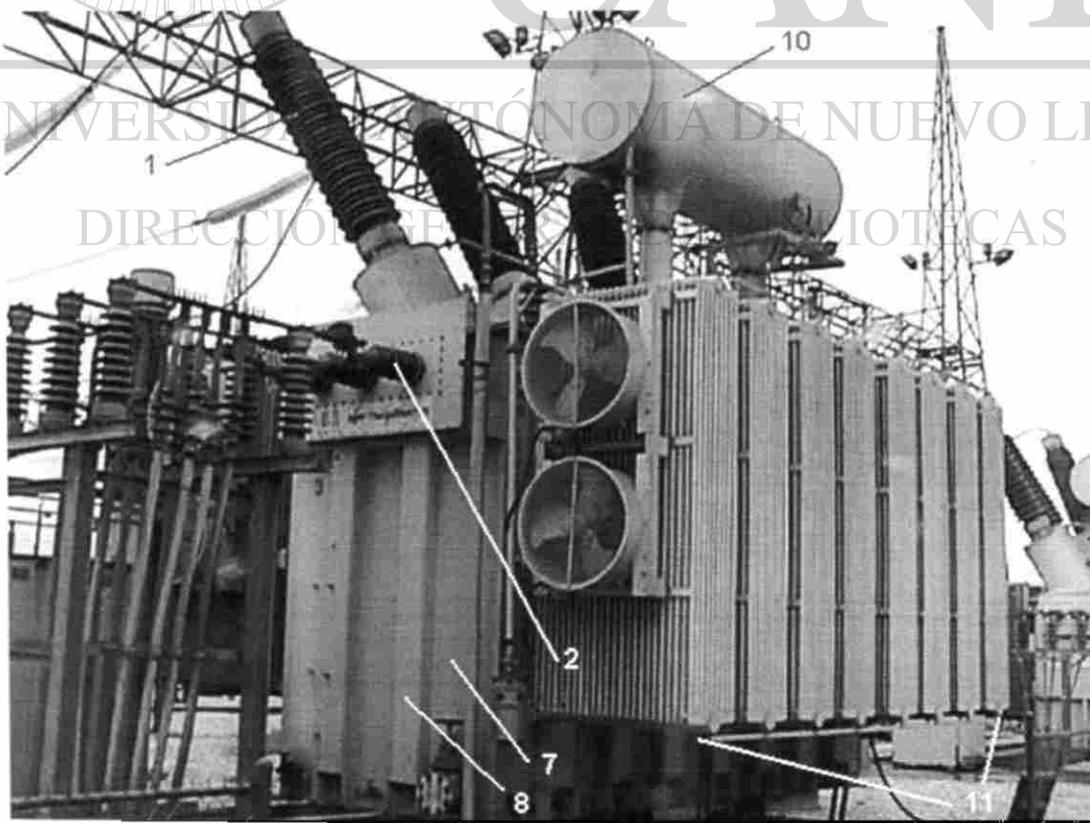
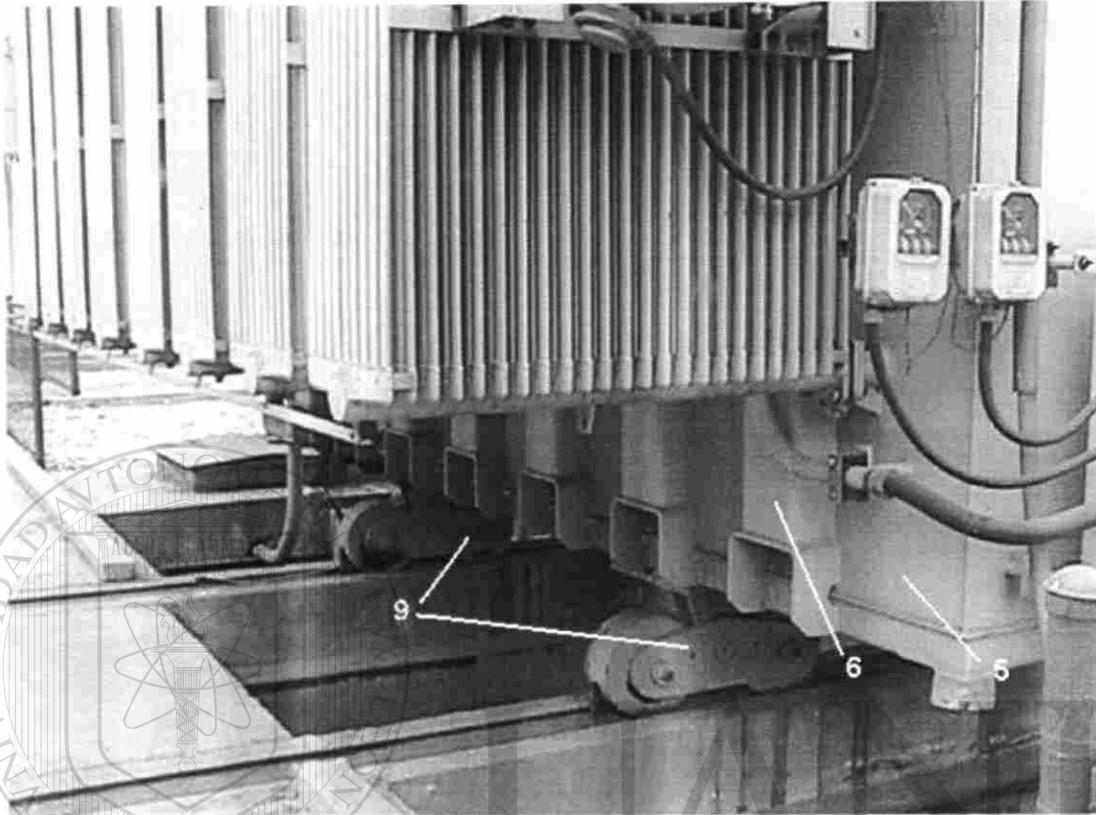
los puntos críticos, buscar en cada desacuerdo el convencer para vencer e incluso el tener la mente abierta para aceptar mejores ideas que no rara vez salen del subordinado sea este dibujante, proyectista o un trabajador de la planta, recordando siempre que un título nos da herramientas y conocimientos, pero no siempre la razón.

A continuación en las siguientes fotografías se indican los componentes más relevantes del transformador de potencia, a los cuales se hará referencia en el presente estudio.

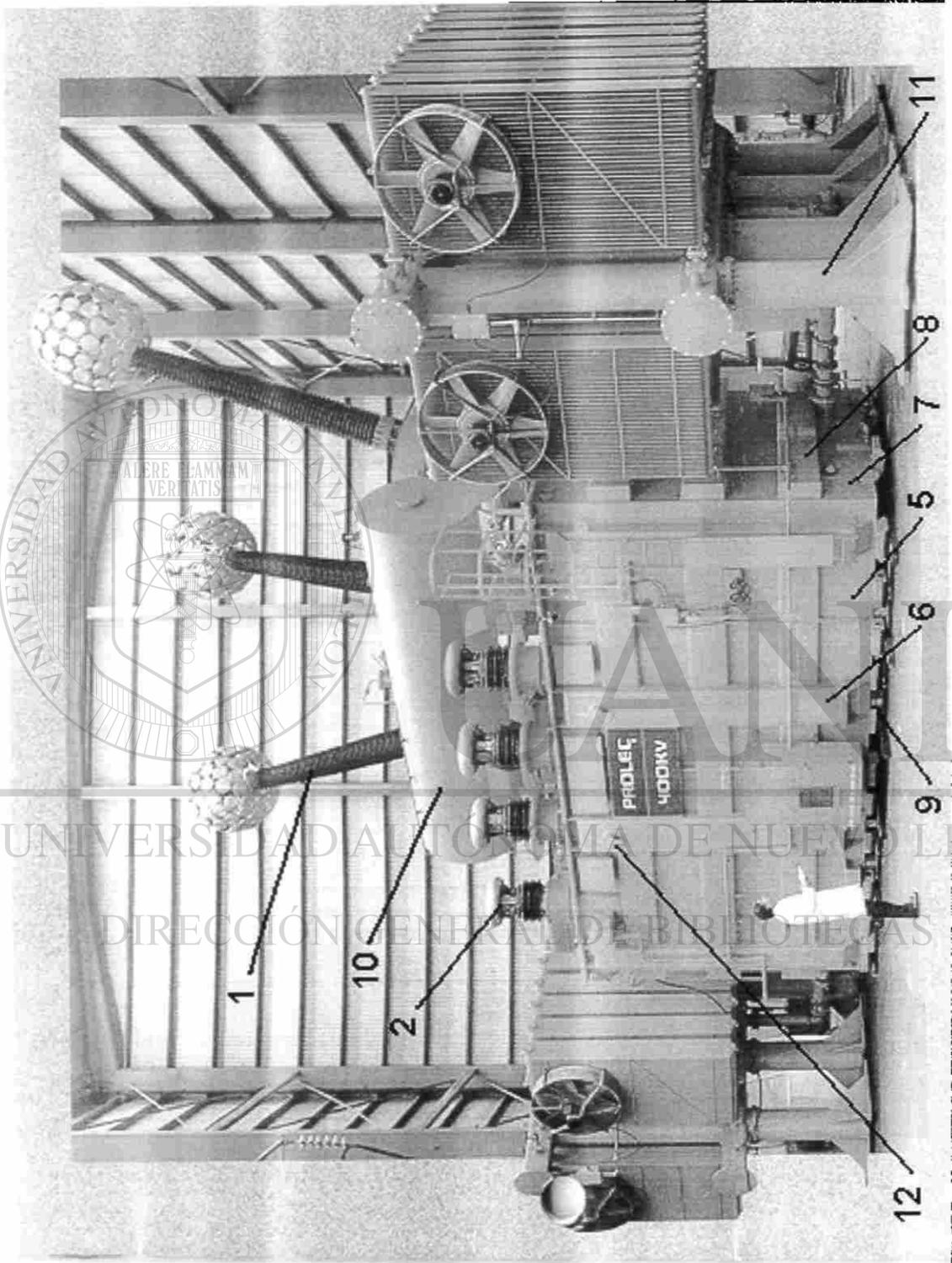
a). **Componentes externos:**

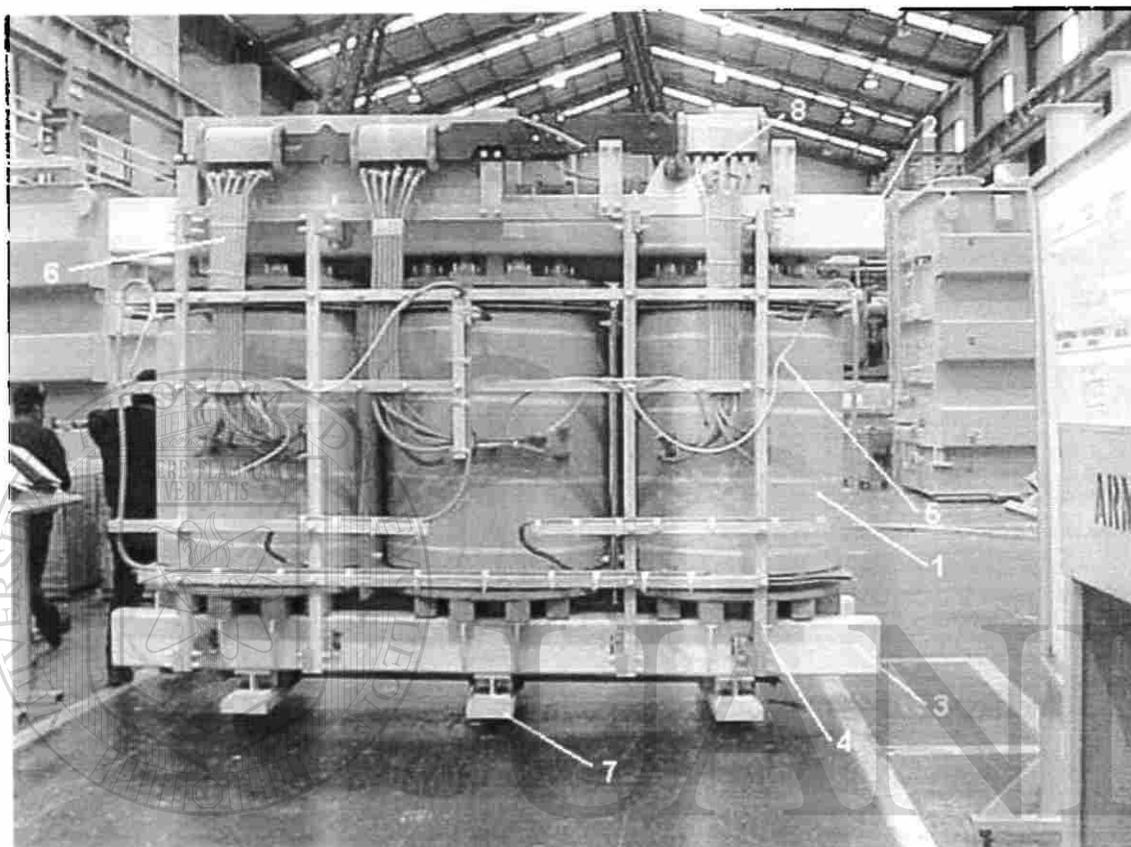
- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1 ) Boquillas de alta tensión.        | 7 ) Paredes lados cortos.                        |
| 2 ) Boquillas de baja tensión.        | 8 ) Refuerzos de pared lado corto.               |
| 3 ) Tapa superior.                    | 9 ) Base deslizable y ruedas.                    |
| 4 ) Refuerzos principales de la tapa. | 10 ) Tanque conservador.                         |
| 5 ) Paredes de lados largos.          | 11 ) Bancos de radiadores.                       |
| 6 ) Refuerzos de pared lado largo.    | 12 ) Orejas para izar el transformador completo. |





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS



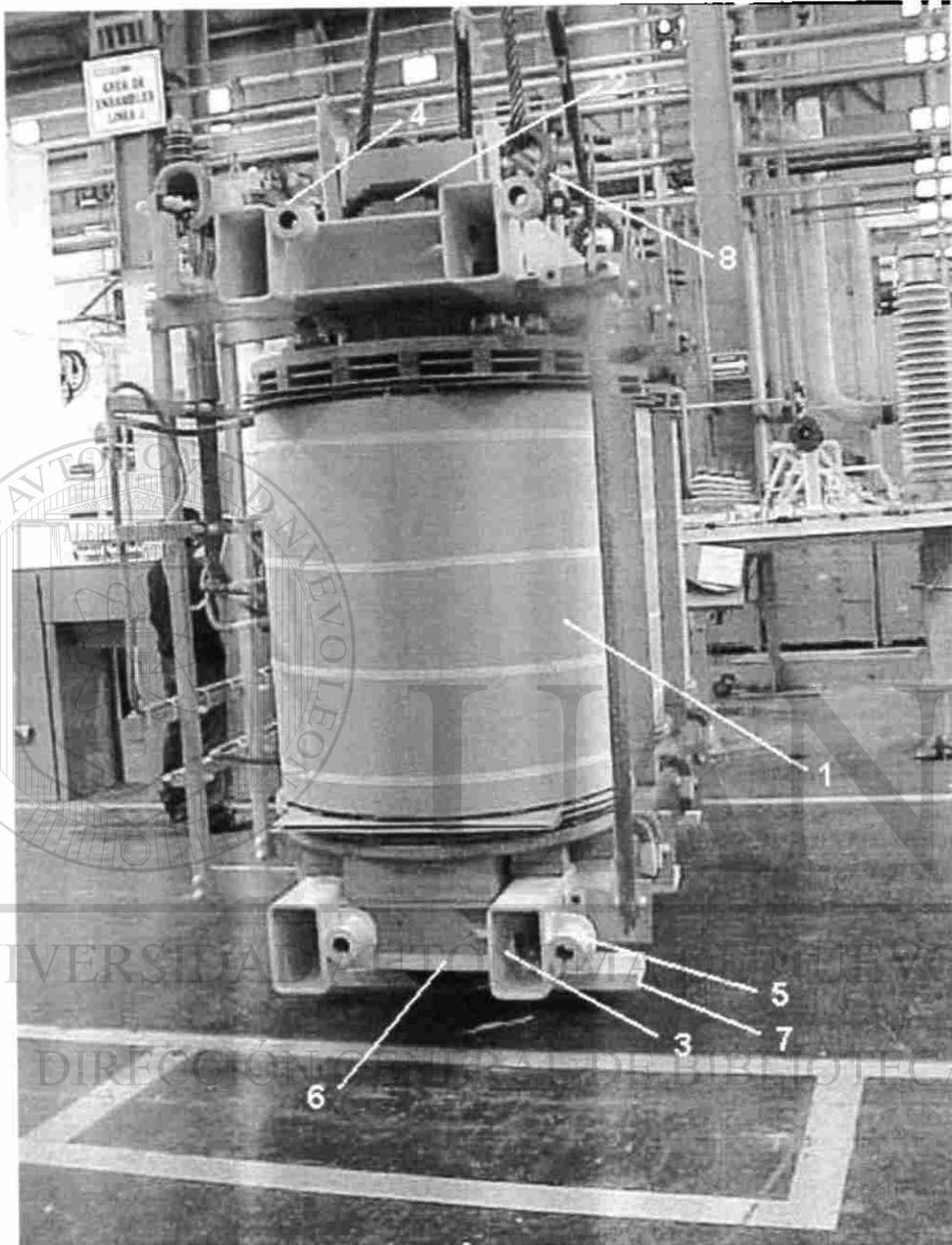


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

**b). Componentes internos:**

- 1) Conjunto o paquete de bobinas.
- 2) Herrajes superiores.
- 3) Herrajes inferiores.
- 4) Soportes de madera de haya.
- 5) Líneas o cables de conexión en alta tensión.
- 6) Líneas o cables de conexión de regulación.
- 7) Bases parte viva.
- 8) Orejas para izar parte viva.



- 1) Conjunto o paquete de bobinas
- 2) Núcleo.
- 3) Herrajes.
- 4) Sujeción parte viva – tanque superior.
- 5) Sujeción parte viva – tanque inferior.

- 6) Cajas para herrajes.
- 7). Bases parte viva.
- 8) Orejas para izar parte viva.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### 1.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROGRAMA

El objetivo general de esta tesis es: el desarrollo de un programa de calculo interactivo, integrando dentro de un mismo libro u hoja de calculo el diseno de los componentes principales del transformador, que sea confiable, rapido y de sencillez de aplicación del mismo, con el fin de obtener el desarrollo preliminar del plano de dimensiones generales del transformador de potencia en el cual se detallan los pesos de sus principales componentes, tales como: peso del conjunto de núcleo y bobinas ( parte viva ); peso del tanque y accesorios; peso y volumen de aceite dieléctrico; peso total del transformador; así también las dimensiones máximas en operación y durante el embarque del aparato, las posiciones de sus accesorios y los centros de gravedad para operación y embarque.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROGRAMA

Los objetivos específicos de calculo de los componentes mecánicos del transformador quedan integrados dentro del programa con la ayuda computarizada del paquete de software **Excel** <sup>®</sup> de **Microsoft** <sup>®</sup> abarcando los siguientes componentes:

- a). Calculo de paredes del tanque, la tapa y los refuerzos estructurales de ambos.
- b). Calculo de la cantidad y diámetro de pernos guía entre la ceja del del tanque y la tapa.
- c). Calculo del tanque conservador.
- d). Calculo de la hoja integrada de pesos y volúmenes de componentes.
- e). Calculo del centro de gravedad estimado para operación y embarque.
- f). Revision del calculo de las orejas para izaje del transformador completamente ensamblado.
- g). Revisión del soporte independiente del banco de radiadores (Cuando aplique).

### 1.3 JUSTIFICACION DEL PROGRAMA DE CALCULO

La demanda de calidad, precisión y rapidez en la estimación de planos de dimensiones generales de transformadores de potencia, así como los valores de pesos de sus principales componentes y accesorios, para establecer los costos de cotización, obligan al departamento de Diseño Mecánico a mantener un alto nivel de competitividad, optimizando espacios y mejorando la distribución de elementos estructurales, buscando la funcionalidad pero sin olvidar en ningún momento la estética del conjunto, parámetros que muchas de las veces inclina la balanza en la toma de decisión del cliente. Es por ello que el contar con la integración de programas de cálculo con bases sólidas es prioritario para garantizar el que una vez colocado el pedido, se cuente con un avance confiable como punto de partida sólido para la generación de planos de construcción, requerimientos de materiales, etc.

Es claro que el trabajo en equipo con el departamento de Diseño Eléctrico es fundamental para evitar arranques en falso y o reprocesos al requerirse modificaciones sobre la marcha, es por eso las líneas de comunicación entre ambos departamentos deben ser directas y claras, con formatos de información concisos y suficientes, previamente estructurados.

Confiabilidad y competitividad son características fundamentales que requiere la industria del transformador para tener presencia dentro del mercado globalizado y gran parte de esta reside en el diseño y en mantener un programa de aseguramiento de calidad como único camino para dominar el diseño y manufactura de alta tecnología en aislamiento eléctrico.

La precisión requerida en todas las partes del proceso no permite ninguna desviación de los procedimientos y criterios de calidad basada en diseño, para asegurar que el producto final soporte las severas pruebas destructivas de norma, como lo son Impulso, Impulso por maniobra, Temperatura, Ruido . Etc.

#### **1.4 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO Y SUS PERIFÉRICOS**

El transformador de potencia, elemento indispensable en el campo de la generación y distribución de energía eléctrica, se diseña tomando en cuenta características específicas como lo son: niveles de voltaje; niveles básicos de impulso (BIL); capacidad de potencia; tipos de enfriamiento; sobre-elevación de temperatura sobre la ambiente; accesorios; condiciones ambientales, tales como nivel de altura sobre el nivel del mar, tipos de atmósfera, es decir ambiente altamente contaminado o con neblina, niveles de ruido máximo, etc.

Para el caso que se estudiara, los rangos más importantes varían entre: 230 kV hasta 400 kV; con potencias hasta 450 MVA quedando fuera los transformadores de distribución, pedestal y subestación hasta clase de 115 kV. Por estandarización el tipo de material utilizado para la construcción de la pailería estructural del tanque y sus accesorios es ASTM A-285-B, pudiendo variar a ASTM A-36, la ventaja de tener estandarizado el tipo de material esta en facilitar el mantener una existencia adecuada dentro de la planta y proporciona al departamento de compras el programar las entregas de los diferentes proveedores y le dan ventajas a la hora de negociar por un mayor volumen, pero previendo la posibilidad de la exigencia específica de algún cliente en las características particulares del aparato, se dará la opción de poder alimentar los datos correspondientes de esfuerzos admisibles para dar

una mayor versatilidad al programa de calculo. En el caso de la soldadura utilizada para la union de las placas se estandariza a la AWS E-6010 para el cordon de fondeo y la AWS E-7018 para la soldadura de trabajo, contemplando la aplicacion en sus variantes de proceso convencional o de arco sumergido en aquellos puntos donde la geometría lo permita.

Dado que la estructura del tanque del transformador es propiamente un recipiente que contiene y limita el aceite dieléctrico que rodea al conjunto de bobinas, nucleo, puntas de conexión, boquillas, etc. el diseño quedara comprendido dentro de los límites elásticos del acero, con lo cual se permite una deformacion no permanente y garantiza la estanqueidad del mismo, aun bajo la accion de una presión de 1 kg./cm<sup>2</sup>. ( 14.22 lb./ in.<sup>2</sup>). Cabe hacer la aclaracion que en el caso de un corto circuito, la presión interna sobrepasa dicho valor, para lo cual el transformador cuenta con un dispositivo mecánico de alivio de presion asegurando la integridad del tanque y reduciendo la posibilidad de un accidente por derrame incontrolado de aceite al exterior, dicho accesorio por norma cuenta con la señalizacion visual y eléctrica de haber operado para poner fuera de servicio el transformador al desenergizarlo.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## CAPÍTULO 2

# MARCO TEORICO REFERENCIAL

### 2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

El desarrollo del diseño y fabricación de transformadores de potencia para la industria nacional y de exportación, en el área metropolitana inicia operaciones en el año de 1976, situándose en una zona próxima a la ciudad de Monterrey, con un área productiva cubierta de más de 40,000 mts.<sup>2</sup>, con cuatro divisiones:

a) **POTENCIA:** En donde se fabrican transformadores para generación, transmisión y distribución, industriales, para horno, rectificación en niveles de voltaje hasta 400 kV y reactores de compensación en paralelo. Transformadores de potencia desde 5 hasta 450.000 kVA, con voltajes de hasta 500 Kv y un nivel básico de impulso de 1,550 kV.

b) **MEDIA POTENCIA:** División que produce transformadores tipo subestación, para acoplamiento a tableros, tipo pedestal y tipo pozo en los rangos entre 225 y 5,000 kVA,

c) **DISTRIBUCION:** División orientada a fabricar transformadores tipo poste monofásicos y trifásicos desde 5 hasta 150 kVA y transformadores tipo pedestal monofásicos y trifásicos desde 15 hasta 150 kVA.

d) **CELECO:** División donde se producen boquillas de porcelana para transformador, apartarrayos y cortacircuitos tipo: distribución y aisladores.

Desde un principio y como estrategia de negocio esta compañía ha tenido el respaldo de los principales fabricantes del mundo, con tecnología de punta, en sus principios era Mc.Graw-Edison de Estados Unidos de América, posteriormente GEC-ALSTHOM y actualmente la sociedad con General Electric. Los transformadores se fabrican bajo estricto cumplimiento de las normas internacionales establecidas así como con las especificaciones particulares del cliente. El 100% de la producción es sometida a pruebas eléctricas exigidas por estas normas, garantizando con esto el correcto funcionamiento de los equipos. Dentro de los activos de alta tecnología se encuentra un impresionante laboratorio de pruebas capaz de simular descargas atmosféricas de hasta dos millones y medio de volts.

La estabilización de los paquetes de bobinas es la parte más crítica en la manufactura de un transformador, y solo se obtiene en forma adecuada empleando una cámara de vacío de temperatura controlada que opera en base de solventes, en ciclos específicos para cada aparato, dicho proceso es conocido con el nombre de Vapour Phase. Conjuntamente a las pruebas mencionadas, se mantiene y actualiza un sistema de aseguramiento de calidad que cubre todo el proceso desde el diseño hasta la fabricación, basado en la norma internacional ISO-9000, como una manera de asegurar que el transformador cumple con los requisitos preestablecidos.

En 1978 se empieza a utilizar la computadora para ayudar a diseñar ganando en precisión y tiempo. Empezó la década de los años ochenta, con la fabricación del transformador para generador. En 1981, el primer transformador de 230 kV monofásico y en 1982 el primer transformador de 230 kV trifásico.

En 1992 como resultado de evaluaciones efectuadas por Mitsubishi Heavy Industries al sistema de calidad, capacidad técnica de diseño y fabricación, se recibe el pedido para la fabricación de los cuatro transformadores de 135 394 5 441.84 MVA, 20-400 YT kV, para la termoeléctrica de Petacalco a 26 km. del puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacan, la planta cuenta con 6 unidades generadoras de 350 MW cada una para tener una capacidad total de

generación de 2,100 MW convirtiéndose así en una de las principales plantas de generación de electricidad en el país.

## 2.2 HIPÓTESIS

**Ho** : El desarrollo e implementación de un programa integrado de diseño mecánico para transformadores de potencia SI es confiable y de un tiempo corto de respuesta para tomarlo como base en la generación del plano de dimensiones generales y de pesos y volúmenes para la cotización de dichos aparatos.

**H1** : El desarrollo e implementación de un programa integrado de diseño mecánico para transformadores de potencia NO es confiable y de un tiempo corto de respuesta para tomarlo como base en la generación del plano de dimensiones generales y de pesos y volúmenes para la cotización de dichos aparatos.

---

## 2.3 BREVE INTRODUCCION A LAS NORMAS, ESTÁNDARES Y REGLAMENTOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO MECÁNICO DEL TRANSFORMADOR

Dado que la amplitud de conceptos contenidos en las normas especializadas en la fabricación y pruebas para transformadores de potencia son muy extensas, se pretende dar solo como referencia los puntos relacionados principalmente con el diseño mecánico del transformador, sin profundizar en ellos, y manteniendo la secuencia de incisos a conveniencia para quien desee complementar este estudio por intereses propios. Cabe recordar que en el diseño de los componentes del transformador, cada fabricante mantiene lineamientos o estándares de fabricación propios, los cuales la mayoría de las veces son propiedad intelectual de tal o cual marca de transformadores, llámese PROLEC; ABB; GENERAL ELECTRIC etc., lo cual

los hace de alguna manera más competitivos en el mercado, por brindar una mayor calidad, un mejor servicio o en el sentido estricto sobrepasar las expectativas del cliente.

De esta manera hacemos la aclaración de que los procedimientos de calculo aqui empleados tienen en su mayoria sus bases en conceptos generales de Ingeniería y Diseño, pero en algunas consideraciones particulares se apegan a estandares propios de un fabricante en especial.

### 2.3.1 NORMA INTERNACIONAL ANSI C.57-12.10-1988

Requerimientos de Seguridad para transformadores de 230 kV y menores 833 958 hasta 8,333 / 10,417 kVA, Monofasicos y 750 / 862 hasta 60,000 80,000 / 100,000 kVA, trifásicos sin cambiador de derivaciones bajo carga; y 3,750 / 4,687 hasta 60,000 / 80,000 / 100,000 kVA con cambiador bajo carga.

A continuación se resumen algunas de las principales características mecanicas requeridas por la Norma en cuestión:

#### Sección 4. Datos de evaluación:

**4.7 Limites de rango para temperatura del aceite superior:** El transformador debera ser capaz de operar en un rango de **temperatura del aceite superior desde -20 C hasta 105 C** prever que el indicador de nivel del aceite haya sido apropiadamente a indicar el nivel a 25 C.

#### Sección 5. Construcción

**5.1 Accesorios:** Los accesorios listados de 5.1.1 hasta 5.1.6 deberan estar incluidos y localizados como se muestra en la figura 1 ó 2. Ver tabla 1 para informacion de accesorios y suministros de construcción que deberán ser provistos en transformadores de varios tamaños

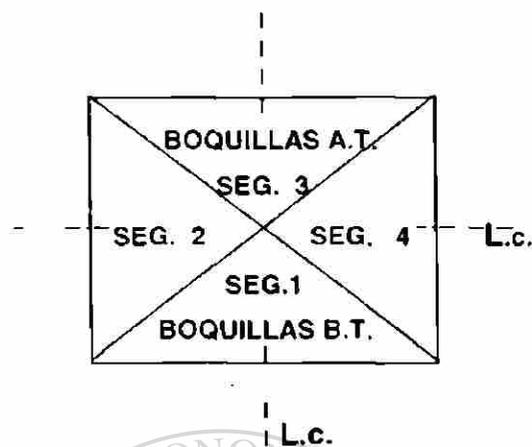


FIG.1

Localización de segmentos

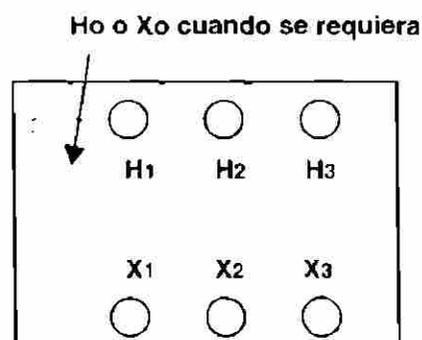


FIG.2

Localización de boquillas

Accesorios	Localización	Sección de la Norma ANSI C.57
Manivela para operación de Cambiador bajo carga	S1, S4, ver ref.	5.1.1
(*) Indicador de nivel del líquido	S1	5.1.2
(*) Indicador de temperatura del líquido	S1	5.1.3
Valvulas de drenaje y filtro	S1	5.1.5
Placa de características	S1	5.4
(*) Medidor de presión-vacío	S1	5.1.4
Facilidades de gateo	ver ref.	5.3.4
Placa(s) de tierra	ver ref.	5.5
†) Equipo para cambiador de carga	S1 o S2	6
†) Control auxiliar de enfriamiento	S1 o S2	5.9

\* ) No suministrado para transformadores con características de distribución de BIL de 200 kV y menores.

†) Cuando se suministre

**5.1.1 Cambiador de carga:** Un cambiador de carga para operación desenergizado con manivela de operación localizada en el exterior del tanque en un lado del segmento 1 ó 4, diseñada a una altura del transformador conveniente deberá ser prevista, si por razones de diseño no puede ser localizada en los segmentos 2 ó 4, puede ser localizada en uno de los otros dos segmentos.

**5.1.2 Indicador de nivel del líquido:** Un medidor magnético de nivel, con superficie vertical, deberá ser montado a un lado del tanque en el segmento 1, y deberá poder ser leído por una persona para al nivel de la base del transformador....

.... El nivel de líquido a 25 C deberá también mostrarse por medio de marcas permanentes en el tanque o por medio de una nota en la placa de características indicando la distancia del nivel de líquido al punto más alto de la superficie de la brida de un registro de mano o registro de hombre, además el cambio de nivel de líquido por 10°C de cambio de temperatura deberá ser indicado en la placa de características.

**5.1.3 Indicador de temperatura del líquido:** Un termómetro del tipo carátula deberá ser montado en un lado del segmento 1 del tanque. Para alturas de montaje de 2.44 mts. (96") o menos a la base, la cara del termómetro deberá ser montada en plano vertical, y para altura de montaje mayores de 2.44 mts. (96") la cara deberá estar en un ángulo de 30° de la vertical.

**5.1.4 Medidor de presión-vacio:** Un medidor de presión-vacio deberá ser provisto para transformadores de 2,500 kVA y mayores o para BIL de 200 kV o mayores...

El rango de escala del medidor de presión-vacio deberá estar entre 10 psi (69 kPa), positivos y negativos.

**5.1.5 Válvulas de drenaje y filtro:** Una combinación de válvula de drenaje y filtro inferior deberá ser localizada en un lado del segmento 1 del tanque, esta válvula deberá estar prevista para drenaje del líquido a 25.4 mm. (1") del fondo del tanque...

..Transformadores arriba de 2,500 kVA deberan tener una válvula de filtro superior localizada abajo del nivel del líquido a 25 C en el segmento 1...

**5.2 Boquillas:** El nivel de aislamiento de la boquilla de línea debera ser igual o mayor que el nivel de aislamiento de los devanados a los cuales estan conectados. El nivel de aislamiento de la boquilla de neutro de baja tensión en transformadores trifásicos, teniendo el devanado de baja tensión en conexión Y, debera ser el mismo que las boquillas de línea, para devanados de 15 kV y menores, para devanados mayores de 15 kV se deberá proveer una boquilla de neutro para 15 kV con 110 kV de BIL. A menos que otra cosa se especifique las boquillas deberan ser montadas en la tapa y localizadas como se muestra en la figura 2.

**5.2.1.** Las características eléctricas para boquillas de transformadores de operacion intemperie deberán ser según el listado ANSI / IEEE C.57.12.00-1987...

**5.2.2:** Las boquillas para usarse en transformadores de potencia de operacion intempere deberán tener dimensiones como se lista en ANSI / IEEE 21-1976 y ANSI / IEEE 24-1984...

**5.2.3:** Cuatro boquillas de cubierta deberan ser provistas para conexión permanente en devanados Y en transformadores trifásicos.

### **5.3 Facilidades para izaje, movimiento y gateo:**

**5.3.1 Factor de seguridad:** Las facilidades para izaje, movimiento y gateo deberan ser diseñadas para proveer un factor de seguridad de 5. Este factor es respecto al ultimo esfuerzo del material usado como esfuerzo de trabajo. El esfuerzo de trabajo es el máximo esfuerzo combinado desarrollado en las facilidades para izaje por la carga estática, cuando el componente está siendo izado.

**5.3.2 Facilidades de izaje:** Facilidades de izaje deberán ser previstas para izar la tapa por separado y tambien para izar el núcleo y conjunto de bobinas del tanque, usando cuatro cables de izaje.

Facilidades para izar el transformador completo (con la tapa firmemente asegurada en su lugar) deberán ser provistas.

Las facilidades de izaje deberán de ser diseñadas para izar con cuatro estobos verticales (para transformadores mayores el uso de vigas para izaje o extensiones pueden ser consideradas). Las superficies de rozamiento deberán estar libres de orillas cortantes o filos, y se deberán proveer con agujeros teniendo un diametro de 20.6 mm. (13 16") para propósitos de candadeo.

**5.3.3 Facilidades de movimiento:** La base del transformador debera ser de una placa robusta o tener miembros formando un rectangulo, el cual permita rolar o deslizar en las direcciones de las líneas de centro de los segmentos.

Los puntos de soporte deberan de ser localizados de tal forma que el centro de gravedad del transformador cuando sean embarcados no caiga fuera de estos puntos de soporte, cuando la base este inclinada 15 o menos, de la horizontal con o sin aceite el transformador.

Provisiones deberán ser hechas en la base o adyacentes a la misma para jalar el transformador paralelo a la línea de centros de los segmentos 1 y 3, y a la linea de centros de los segmentos 2 y 4.

La base deberá estar construida de tal manera que sus bordes extremos en los cuatro lados sean redondeados o con una pendiente de 45 de ángulo hacia arriba aproximadamente.

**5.3.4 Facilidades para gateo:** Las facilidades para gateo deberan ser localizadas cerca de los extremos finales de las uniones de los segmentos. Para transformadores arriba de 2,500 kVA las dimensiones y claros para provisiones de gateo deberán ser como se muestra en la figura 3.

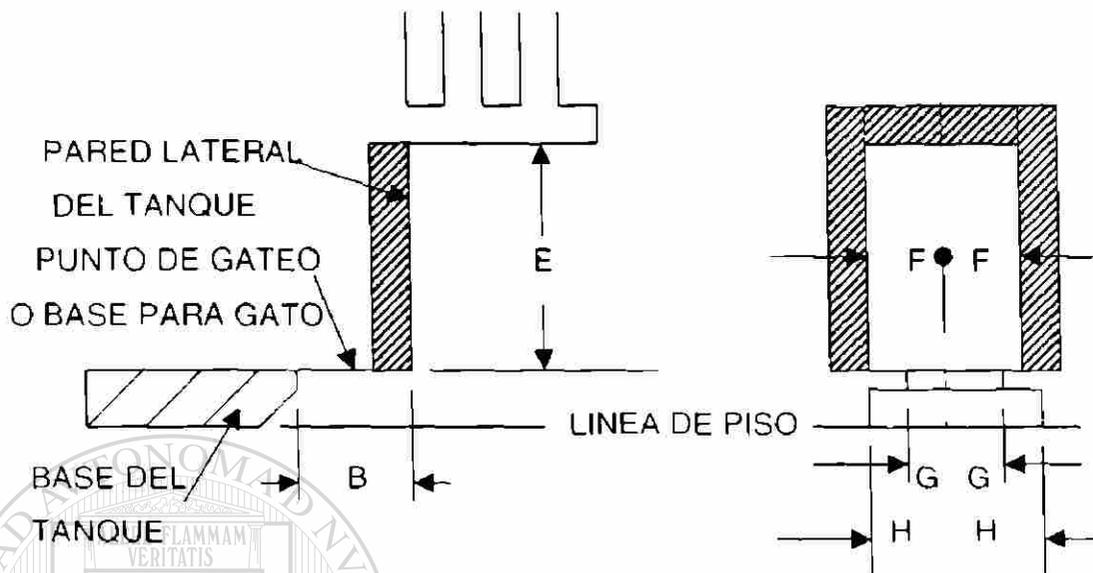


Tabla 2.1 Dimensiones de provisiones para gateo segun el peso del transformador ( arriba de 2 500 kVA), segun Norma ANSI C.57-12.10-1988

	PESO		
	35 000 lbs.	35,000 – 65,000 lbs.	arriba de 65,000 lbs.
	15 9 kgs o menos	(15,900 – 29,500 kgs.)	(29,500 kgs.)

A	88.9 mm. (3 1/2")	A	127 mm. (5")	A	457 mm. (18")
B	63.5 mm (2 1/2")	B	63.5 mm (2 1/2")	B	102 mm. (4")
E	686 mm (27")	E	686 mm (27")	E	508 mm (20")
F	127 mm (5")	F	127 mm. (5")	F	127 mm. (5")
G	76.2 mm (3")	G	76.2 mm. (3")	G	76.2 mm. (3")
H	127 mm (5")	H	127 mm. (5")	H	127 mm. (5")

Notas

- 1 Las dimensiones E, F, y G son claros libres
- 2 Cuando se requiera diseños estandar del fabricante, cualquier dimension puede ser excedida de las que se muestran
- 3 La dimension E aplica en enfriadores no removibles
- 4 Los pesos incluyen completamente ensambado el transformador y aceite.

## 5.8 Tanques

**5.8.1** Las máximas presiones de operación (positivas y negativas) para las cuales el transformador es diseñado, deberán ser incluidas en la placa de características. **Los transformadores completamente ensamblados deberán estar diseñados para soportar sin deformaciones permanentes una presión 25% mayor que la mayor de las presiones de operación**

**5.8.2** Los tanques deberán estar diseñados para llenado al vacío (con una presión externa de una atmósfera, esencialmente vacío pleno en el campo) En todos los transformadores con niveles de aislamiento de alta tensión de 350 kV de BIL y mayores y en todos los transformadores con capacidad de 10.000 kVA y mayores sin importar el BIL.

**5.8.3** Una tapa o cubierta principal soldada deberá proveerse. Registro mano o registros hombre deberán ser previstos en la tapa. Los registros de mano si son circulares deberán tener 9" (229 mm.) mínimo de diámetro. Si es rectangular ellos deberán tener por lo menos 114 mm. (4-1/2") de ancho y deberán tener un área de por lo menos de 41,900 mm.<sup>2</sup> (65 in.<sup>2</sup>). Los registros hombre si son circulares deberán tener 381 mm. (15") de diámetro, si son rectangulares u ovals deberán tener dimensiones mínimas de 254 mm. X 406 mm. (10" x 16")

Un dispositivo para poder relevar la presión deberá proveerse en la tapa para transformadores arriba de 2,500 kVA o arriba de 200 kV de BIL.

**5.8.4** En transformadores con cambiador bajo carga, en los que el interruptor de derivaciones con arqueo tenga componentes que envuelvan directamente el arqueo en el líquido, dichos componentes deberán estar aislado en un compartimento sellado independiente a manera de prevenir transferencia de líquido a cualquier otro compartimento del tanque principal.

**9.11: Facilidades para movimiento:** Ruedas bridadas para un riel con espesor de 1 435 mts (56-1/2") para movimiento paralelo a la línea de centro de los segmentos 1 y 3 deberán ser disponibles para transformadores de 2.500 kVA y mayores

### 2.3.2 Norma K.0000-06 Comisión Federal de Electricidad para Transformadores de Potencia de 10 MVA y mayores

A continuación se resumen las principales características mecánicas requeridas por la Norma CFE K0000-06 para Transformadores de Potencia de 10 MVA y mayores, sumergidos en aceite, servicio intermitente, autoenfriados y con enfriamiento forzado para 60 Hz., 55 C o 65 C de elevación de temperatura monofásicos y trifásicos, y operación con tensiones de 69 kV y mayores

**4.2 Capacidad:** las capacidades de kVA en cada uno de los devanados del transformador se especifica en Características Particulares y debe cumplir con lo siguiente:

- a) Satisfacer lo indicado en las Normas NOM J-284 y ANSI C57-12 00
- b) La elevación promedio de temperatura de los devanados a tensiones y frecuencias nominales y a capacidad plena, no debe de exceder de 55 C, cuando sea medida por el método de resistencia, sobre temperatura ambiente máxima de 40 C y una temperatura promedio de 30 durante un periodo de 24 horas. La elevación del punto más caliente no debe de exceder de 65 C

Adicionalmente en aquellos casos en donde se especifique en las Características Particulares, a 65 C estos deben cumplir además de lo indicado en el inciso b) anterior, con lo siguiente:

- 1) Todos los aislamientos del transformador deben ser capaces de operar en forma continua a una elevación de 65 C sobre 40 C de temperatura ambiente máxima y la elevación de temperatura del punto más caliente no debe de exceder de 80 C, con un incremento de 12° sobre los kVA nominales a 55 C, sin reducir la vida normal de transformador
- 2) La elevación de temperatura de los devanados a tensión nominal y

112° de los kVA nominales no debe de exceder de 65 C sobre 40 C de temperatura ambiente máxima, medida por el método de resistencia. La elevación de temperatura del punto más caliente no debe de exceder de 80 C. La vida esperada del transformador cuando opere a 65 C no debe ser menor que la que resultaría de su operación a 55 C.

**4.4 Clases de enfriamiento:** Debe estar de acuerdo con las normas NOM J-284 y ANSI C57-12.0 y ser la indicada en Características Particulares. Las clases de enfriamiento preferenciales son:

<b>OA</b>	- autoenfriado.
<b>OA / FA</b>	- autoenfriado y enfriado por aire forzado
<b>OA / FA / FA</b>	- autoenfriado y con dos pasos de enfriamiento por aire forzado
<b>OA / FOA</b>	- autoenfriado y enfriado por aire y aceite forzado.
<b>OA / FOA / FOA</b>	- autoenfriado y con dos pasos de enfriamiento por aire forzado.

**FOA** - enfriado por agua y aceite forzado

**4.9 Altura de operación** Los transformadores deben diseñarse para operar a una altura de 1000 m s n m. En el caso que en las Características Particulares se señale una altura mayor de 1000 m s n m, debe hacerse las correcciones de acuerdo a las normas ANSI C57-12.00, de tal manera que el transformador mantenga a la altitud indicada sus capacidades nominales y niveles de aislamiento.

#### 4.15 Derivaciones

- 1 Cambio de derivaciones con transformador desenergizado.
  - a El devanado de alta tensión debe estar provisto con cuatro derivaciones de 2.5% de la tensión nominal.
  - b Las cuatro derivaciones deben ser para plena capacidad.
  - c En las Características Particulares se indica si las cuatro deriva-

ciones serán dos arriba y dos abajo o una arriba y tres abajo.

- 2 Cambio de derivaciones con carga: En los casos en que se indique en las Características Particulares los transformadores deben estar equipados con un cambiador de derivaciones con carga y deben cumplir con lo siguiente:

- a) Todas las derivaciones deben ser a capacidad plena.
- b) El número de derivaciones debe ser diez arriba y diez bajo de la tensión nominal, de un valor cada una de 1% de la misma.
- c) La banda de regulación total debe ser de  $\pm 10\%$  sobre la tensión nominal.
- d) Las derivaciones deben ser sobre el devanado de alta tensión.
- e) En el caso de autotransformadores las derivaciones se deben tomar del devanado serie.

- 3 Cambiador de derivaciones:

- a) Cambiador de derivaciones con transformador desenergizado:

Este cambiador de derivaciones sin carga debe ser para operación externa, con un volante fuera del tanque, localizado en los segmentos uno o cuatro. Este volante debe contar con

un dispositivo para poder asegurarse con un candado. La altura del volante debe ser la propia para operarse por una persona al nivel del piso.

El volante puede montarse sobre la cubierta del tanque cuando así se indique en las Características Particulares.

- b) Cambiador de derivaciones para operación con carga: Cuando en las Características Particulares se indique que el transformador este equipado con cambiador de derivaciones con carga, este debe cumplir con las siguientes características:

- 1 El conmutador o interruptor divisor del cambiador debe estar contenido en un recipiente de aceite propio e independiente, para evitar la contaminación del aceite del transformador, este recipiente debe soportar las mismas condiciones de presión y vacío.

que el tanque principal del transformador.

2). Los cambiadores de derivaciones deben contar con los siguientes equipos y accesorios

a Gabinete de control propio conteniendo el mecanismo a motor y conmutadores para los circuitos de control.

- remoto-ocal (contactos sostenidos)
- subir-bajar (contactos momentaneos)

Este gabinete debe estar instalado a un costado del tanque del transformador en el segmento uno, y contar con puerta embolsagrada y manija con provision para candado; su altura de instalacion debe ser similar a la del gabinete de control del transformador debe incluir resistencias calefactoras y provision para tuberia conduit por la parte interior ( para el cableado externo de la Comision) Todo el cableado interno y las tablillas para el mismo deben cumplir con lo indicado para el gabinete de control del transformador Este gabinete debe contar con una placa de caracteristicas

**3 Tanque conservador.** El transformador debera contar con un tanque conservador de aceite independiente con indicador de nivel y contacto de alarma por baj nivel

**6 Válvula de alivio de presión** El transformador debera contar con una mas valvulas de alivio de presion, dependiendo del volumen de aceite teniendo en este que ademas cuenten con contactos de alarma y disparo

**7 Relevador buchholz o similar** El transformador debera contar con Relevador buchholz similar especial para esta aplicacion, es decir para la captura y posterior analisis de los gases generados por calentamiento durante operacion normal y o por falla de arco electrico interno, con contactos dependientes de alarma y disparo

#### 4.18 Conexiones del transformador:

Todas las conexiones de los devanados de transformador deben llevarse a exterior a través de boquillas montadas ya sea en la cubierta o en las paredes de transformador

- a Se deben suministrar conectores en todas las boquillas, para recibir cables o barras exteriores de interconexion. Las características de esos cables o barras exteriores de interconexion, se indican en las Características Particulares. En caso de conexion entre diferentes materiales, como cobre y aluminio, los conectores deben de ser bimetales
- b Cuando en las Características Particulares se indique que se requieren bridas para el acoplamiento de buses de fase aislada, debe cumplirse con lo siguiente:
  - 1) Deben suministrarse bridas individuales para cada boquilla ya sea del lado de alta o baja tension
  - 2) Estas bridas deben ser de acero inoxidable no-magnetico, y de dimensiones adecuadas para acoplarse al bus de fase aislada cuando la corriente nominal sea igual a 5000 Amperes o mayor. Si la corriente nominal es inferior a 5000 Amperes se aplica otra solución tal como cortar la brida rellenandola con sustancia antimagnetica con la finalidad de hacer discontinuo el circuito magnetico

En aquellos casos en que se indique en las Características Particulares que se requiere camaras de acero blindadas que contengan las boquillas de baja o alta tension, estas deben cumplir con lo siguiente

- 1 Para corrientes nominales de 500 Amperes y mayores, camaras de acero no-magnetico blindadas, con tapas y registros adecuadas para las conexiones exteriores, para servicio intemperie incluyendo tornilleria y demas accesorios.

- 2 Las dimensiones deben ser adecuadas para recibir cables monopares blindados o un bus de fase segregada o no segregada.

#### 5.4 Tanques y tapas:

a) **Los tanques y tapas de los transformadores deben ser contruidos de placa de acero adecuada para ser soldada y de una construcción tal que resista sin daño alguno, los esfuerzos inherentes a embarque, transporte, operación y pruebas.** Todas las soldaduras deben ser efectuadas por personal y metodos calificados por C F E.

b) **Los tanques, tapas, radiadores, tanques conservadores y demás accesorios deben de ser capaces de resistir sin sufrir danos o deformaciones permanentes por los esfuerzos producidos al aplicar vacio absoluto al nivel del mar.** El ensamble de la tapa del tanque con este debe estar soldado si no se especifica de otra manera en las Caracteristicas Particulares

El tanque y la tapa deben estar libres de rebabas y de sustancias corrosivas y extranas antes del ensamble

d) Deben proporcionarse los medios adecuados para remover y colocar el tanque sin que se danen los devanados y el nucleo para el caso de los transformadores tipo acorazado. Cuando se trate de transformadores tipo urnas el tanque debe de contar con los medios necesarios para facilitar la remoción del conjunto nucleo-bobinas.

e) **Deben suministrarse dispositivos de soporte para prevenir el movimiento del ensamble del núcleo y bobinas durante el transporte**

f) En transformadores trifasicos y en base a capacidad OA deben tener como minimo un registro de hombre para equipo hasta 18 MVA dos hasta 45 MVA y tres para capacidades mayores y como minimo debe localizarse en la tapa un de estos

En transformadores monofasicos la tapa del tanque debe tener como un minimo un registro de hombre para capacidades hasta 25 MVA.

Para capacidades mayores deben ser dos como mínimo. En ambos casos estos registros deben de ser con tapa atornillada que ofrezca fácil acceso a extremo inferior de las boquillas, a las terminales, a la porción superior de las bobinas y que permita reemplazar los transformadores de corriente o cualquier tipo auxiliar, sin quitar la tapa del tanque.

g Las valvulas de mariposa de cierre superiores e inferiores de los radiadores deben tener indicador de posición y estar bridadas al tanque.

h Las superficies a las que se les coloca empaque, deben ser maquinadas lisas y planas y tener la suficiente rigidez para asegurar una impresión adecuada de los empaques. Se deben proveer cajas maquinadas para evitar sobrecompresión de los empaques, los cuales no deben sobresalir de las bridas de las boquillas registros hombre, valvulas o cualquier otra brida.

**Los tanques de cada transformador deben proporcionarse con un bastidor inferior de acero estructural de acuerdo a ANSI C57-12 10.** Dicho bastidor debe formar un rectángulo que permita el desplazamiento del transformador en dirección de sus líneas de centros de los segmentos 1;2;3 y 4.

(Figura 8 de la Norma ANSI C57-12 10). Estos bastidores deben proveerse en cuatro barrenos en los extremos de la base deslizante, para su anclaje

**El tanque completo con sus accesorios debe soportar cuando este totalmente ensamblado una presión de 103 kPa (1.05 kg./cm.<sup>2</sup> : 15 lb/in.<sup>2</sup>) durante 6 horas sin presentar ninguna deformación permanente.**

k Se deben proporcionar los medios necesarios para conectar a tierra desde puntos el transformador, incluyendo todos los tornillos y rondanas e herramientas las cuales deben ser de acero inoxidable, bronce o de cualquier otra materia anticorrosiva.

Se deben proporcionar guías dentro del tanque para facilitar el movimiento de núcleo y de los devanados cuando estos se introduzcan o se saquen del tanque.

m Los tanques deben tener las orejas necesarias, de tal manera que el transformador pueda jalarse en cualquier dirección, así como para el izaje y manejo cuando el transformador está ensamblado y con aceite

n Todas las aberturas que sea necesario practicar en el tanque, deben darse de bridas soldadas alrededor de las mismas, excepto en coples y niples con el objeto de disponer de superficies que permitan la colocación de empaques y la ejecución de taladros. Estos taladros en ningún caso deben alcanzar la tapa ni las partes del tanque.

o Las cubiertas deben diseñarse de tal manera que eviten la acumulación de agua.

### 2.3.3 Características particulares del cliente.

En la mayoría de los pedidos es común contar con resumen de especificaciones o características particulares a ser cubiertas por el diseño tanto eléctrico como mecánico de los transformadores, esto al margen de lo que las normas internacionales o nacionales indiquen, en este cuestionario se detallan principalmente la capacidad del aparato, los voltajes para los diferentes devanados, niveles básicos de impulso, accesorios especiales, cantidad, tipo y relación de los transformadores de corriente, preferencias de ubicación de tanque o su componente etc. El nombre o nombres de las instalaciones donde dichos aparatos operaran, cantidad, sobre elevación de temperatura, clases de aislamiento, actitud de operación, impedancias, pérdidas, tipo de cambiador, el tipo de preservación de aceite, el sistema de enfriamiento deseado, y por último las referencias mínimas solicitadas de los diferentes accesorios. El diseñador debe leer detenidamente cada uno de los párrafos y tomando nota de las mismas, básicamente o poco común y de ser necesario retroalimentar al departamento de cotizaciones para ampliar información o aclarar dudas según sea necesario e incluso, llegado el caso a solicitar una junta para aclarar dichos puntos.

## CAPÍTULO 3

# METODOLOGÍA

La metodología del desarrollo del programa pretende ser llevada a cabo de la siguiente manera. en primera instancia se establecer la hoja de alimentación de datos generales que son comunes para ejecutar los programas particulares de cada uno de los componentes del diseño mecánico del transformador de potencia tal es el caso por ejemplo de las dimensiones interiores del tanque, largo ancho, altura, la presión interna de diseño para la operación, la cantidad y dimensiones de transformadores de corriente (TC's) etc de forma que sirvan como la base de datos origen de los cálculos.

Una vez ordenados los elementos se procede a elaborar los formularios de las hojas de cálculo, para cuyo caso se tomara la nomenclatura de color magenta en las celdas en las que el diseñador deberá alimentar algún dato obteniendo previamente de la hoja de diseño eléctrico, del armado interno del aparato o a algún otro dibujo a escala. De color rojo se marcarán los datos a usar para función matemática o lógica, del paquete de software Excel<sup>®</sup> de Microsoft<sup>®</sup> y se emplea o refiere en otra hoja del programa, y en color negro datos usados por fórmula matemática o lógica particulares solo para esa fila.

En donde sea pertinente se colocaran señalamientos de ayuda, como por ejemplo el factor de seguridad calculado esta por debajo del recomendado para el elemento o bien si el volumen calculado del conservador esta por debajo del volumen requerido para la expansión del aceite en los rangos preestablecidos de variación de la temperatura de operación, etc. Con la

finalidad de mantener una memoria clara de las formulas empleadas para los usuarios se anexa el formulario estructurado de la siguiente manera:

En el extremo izquierdo se identifica la variable o dato de entrada requerido acompañado a la derecha de la descripción del proceso de calculo, inmediatamente abajo se indica la formula matematica o logica de calculo reaccionando las celdas correspondientes iniciando con el simbolo "=".

Ejemplos:

Largo interior = De la hoja de Datos generales toma el valor del largo interior de tanque  
 =+ 'Datos generales !C6

Apertura Calcula el valor del angulo de apertura ( ) en el conservador a la altura b .....  $A = 2 * \arcsen(C/2r)$   
 =2\*ASENO(N8/(2\*(M27/2)))\*(360/(2\*PI()))

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

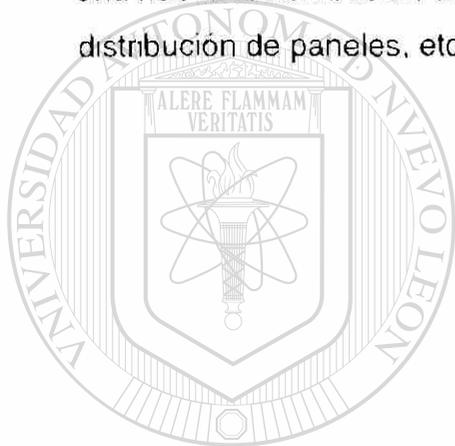


## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- ←
- Compara el valor del modulo de seccion previamente a cuado para la canal ( Z1 ) contra el valor del modulo de seccion requerido ( Zreq ) despegando un mensaje de OK o NO CUMPLE  
 =+SI(C21>H52," OK","NO CUMPLE").

**Nota:** Dado que algunos nombres de determinados componentes pudieran crear confusión, por ejemplo, parte vva: armado interno; buchho z et se anexa un glosario de terminos para aclarar su significado

Para cada etapa de hoja de cálculo de elementos o componentes se preparó una guía de interacción para que en forma secuencial se efectúen el llenado y se evalúen los resultados obtenidos. De igual manera el acomodo de hojas es la secuencia en que deberán efectuarse los cálculos aunque dependiendo de los resultados no se descarta en regresar a una hoja anterior para efectuar ajustes de datos de entrada por requerimientos que en su momento no eran posibles de evaluar, tal pudiera ser el caso por ejemplo de interferencias entre accesorios o localización de boquillas que forcé a efectuar una nueva redistribución de refuerzos, con un nuevo valor de alma y una nueva distribución de paneles, etc., todo ello se desglosa dentro del capítulo 4.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPÍTULO 4

# FÓRMULAS Y PROCEDIMIENTOS

A continuación se desglosa una breve explicación del proceso de desarrollo de los parámetros iniciales que conforman la raíz del diseño mecánico del transformador, haciendo referencia al trabajo en equipo que se desarrolla con el departamento de diseño eléctrico, así como una explicación general de cada hoja de cálculo en particular, su secuencia y análisis de resultados esperados, y para el caso de un análisis más a fondo, en el capítulo 6 se detallan los formularios específicos, que dado a la cantidad de información se contemplan en primer instancia con un ejemplo de aplicación como apoyo para clarificar su uso.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### 4.1 ARMADO INTERNO PRELIMINAR DEL TRANSFORMADOR

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El desarrollo del diseño mecánico del transformador parte de las características particulares del cliente, de las normas internacionales, y de prácticas propias del fabricante, como lo son los claros o distancias dieléctricas a considerar tanto en el aire, como lo es el caso de distancias entre boquillas y/o de boquillas a tierra como en el caso del tanque conservador, etc. y distancias dieléctricas dentro del transformador como lo pueden ser entre puntas de diferentes devanados y/o a tierra como es hacia el herraje o las paredes de propio tanque. En cada caso en particular el proyectista deberá verificar en tres dimensiones, el respetar esos claros, pero también en la geometría de las superficies cuenta un papel importante, ya que el esfuerzo debido a los

niveles de voltaje se ve directamente afectado por las formas, es decir en el caso de tener aristas o filos se requieren distancias mayores que si fuese una pared plana o un canto redondeado. Para tener un control mas preciso y seguro la practica comun está en la elaboracion de un dibujo a escala que plasme la totalidad de componentes que interactuan entre si, dicho dibujo se le conoce como **armado interno**, y la experiencia del diseñador dictara que componentes pueden manejarse como bloques sin detallarlos y cuales otros requieren estar totalmente detallados, por ejemplo para este ultimo las salidas de puntas de los diferentes devanados, los herrajes, soportes y barras de cobre.

#### 4.1.1 HOJA DE DISEÑO ELÉCTRICO Y SU CONTENIDO

El primer protocolo de interaccion con el departamento de diseno electrico es la hoja de diseno electrico, que es un formato a ser llenado por el disenador electrico proporcionando las características generales del transformador como lo es los niveles basicos de impulso, el tipo de bobina para cada devanado, los diametros de cada bobina, la potencia y las corrientes de las mismas, los kilogramos de cobre y aislamientos de cada devanado asi como las dimensiones y características del nucleo, como lo es la altura de ventana, las alturas de yugos, el espesor de los yugos, la cantidad de piernas ( 3 o 5 piernas), el peso del nucleo o kilogramos de acero al silicio, etc., otros de los datos importantes que se proporcionan en dicha hoja son las perdidas nominales y maximas para cada capacidad del transformador, para con ellas el disenador mecanico calcule la cantidad de radiadores y el tipo o tamaño de los mismos la cantidad y tipo de ventiladores y bombas para recircular el aceite en caso de aparatos con enfriamiento forzado, con la finalidad de poder disipar el calentamiento generado durante la operacion normal del transformador, de igual manera debera calcular las temperaturas en las cuales deberan de entrar cada grupo de ventiladores y bombas en automatico.

#### **4.1.2 SELECCIÓN DE BOQUILLAS DE ALTA Y BAJA TENSION**

Aunque la responsabilidad de la selección de boquillas recae en el departamento de diseño eléctrico es conveniente que el diseñador mecánico y sus proyectistas revisen que sean correctas y se ajuste en cada caso a los requerimientos del cliente, y que por ejemplo cuenten con la distancia adecuada a la longitud y cantidad de transformadores de corriente que el aparato llevará, también que los conectores de acometida que normalmente solicita el cliente sean los correctos y haya concordancia entre las roscas o medios de sujeción para los mismos, de igual manera para los conectores que acometen de los devanados a la boquilla en la parte interna del transformador.

Otro punto sobresaliente a verificar es la condición ambiental en la que trabajará el transformador ya que de ser un ambiente altamente húmedo y/o contaminado las boquillas requieren ser especiales para ese tipo de aplicación de donde la distancia de fuga o arqueo por la superficie de la porcelana deberá ser mayor.

#### **4.1.3 CÁLCULO DE BARRAS PARA BAJA TENSIÓN**

Dado que el transformador debe ser diseñado a poder soportar los esfuerzos inherentes a una situación de corto circuito el cálculo de barras para conducir la corriente no es tan solo el estimar la cantidad de amperes que circularán por ellas, sino que deberá efectuarse un análisis que considere al sistema como un sistema trifásico balanceado, estimando las fuerzas generadas bajo cortocircuito y a ser aplicadas tanto por las barras de cobre como por los soportes de madera de haya o aislantes según sea el caso, y en donde deberá considerarse el arreglo geométrico de las barras y las distancias entre las mismas

Para ejemplificar a continuación se calcula el caso de tres juegos de barras de cobre de diferentes fases de un espesor de 12.7 mm. Y una separación entre cada barra de una misma fase 12.7 mm., aplicando las recomendaciones de Asociación Inglesa de Desarrollo del Cobre (Cooper Development Association, ver bibliografía) y del Manual de construcciones electricas:

a). Esfuerzo de corto circuito en un sistema trifasico balanceado, segun la Asociación Inglesa de Desarrollo del Cobre (pag 19)

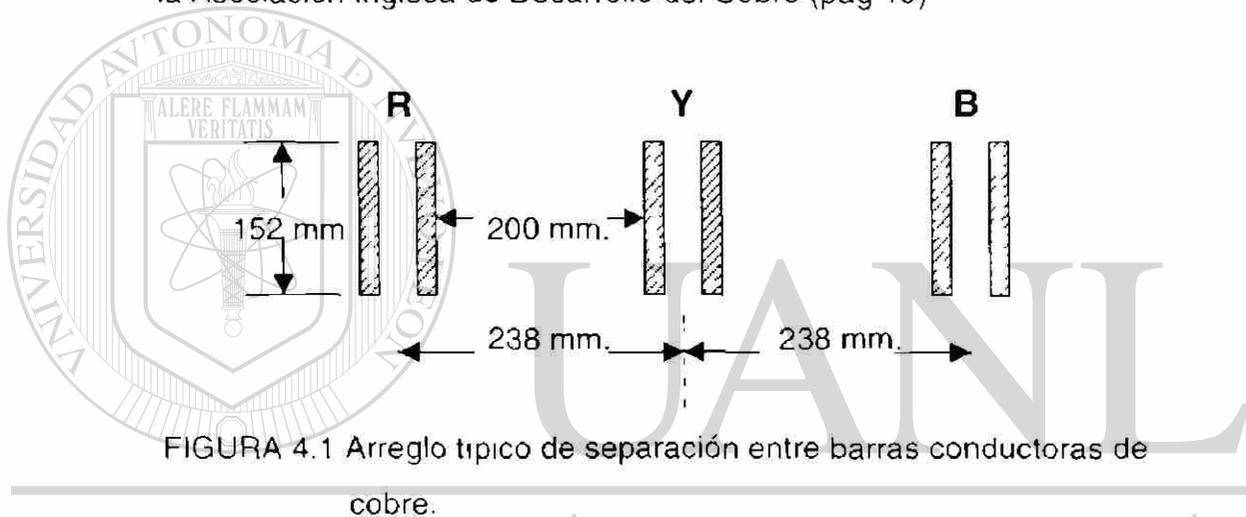


FIGURA 4.1 Arreglo típico de separación entre barras conductoras de cobre.

$F_{max}$  = Fuerza máxima en el conductor durante el corto circuito (N m )  
 $I$  = Corriente asimétrica de pico (Amps.).  
 $S$  = Espaciamento entre conductores (mm.).

Para este caso en particular la condición de máxima fuerza está dada en la fase central **Y** y la relación que la define es:

$$F_{max} = 0.866 ( 2 I^2 S ) \times 10^{-4}$$

Para este transformador en particular la corriente nominal máxima es de 10 825 Amps. y la impedancia en p.u. es 0.11 con un factor de potencia de 0.07. Por lo tanto:

$$I_{rms} = I_{nom. max} \cdot Imp. = 10.825 \text{ Amps} \cdot 0.11$$

$$I_{rms} = 98\,409 \text{ Amps. (Corriente simétrica)}$$

Con el factor de potencia encontramos que el pico de corriente varía en el orden de 2.55 de ahí que la corriente asimétrica sea:

$$I = 2.55 \times 98.409 \text{ Amps.}$$

$$I = 250,943 \text{ Amps}$$

De donde resulta una fuerza durante el corto circuito de:

$$F_{max} = 0.866 \left( 250,943^2 \cdot 238 \right) \times 10^{-4}$$

$$F_{max} = 45\,827 \text{ N} \cdot \text{m} = 4,674 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Considerando las barras como una viga empotrada en ambos extremos por estar sujetas firmemente por los soportes de aislantes (TX), con una separación máxima recabada del armado interno de 80 cm., tenemos las siguientes relaciones:

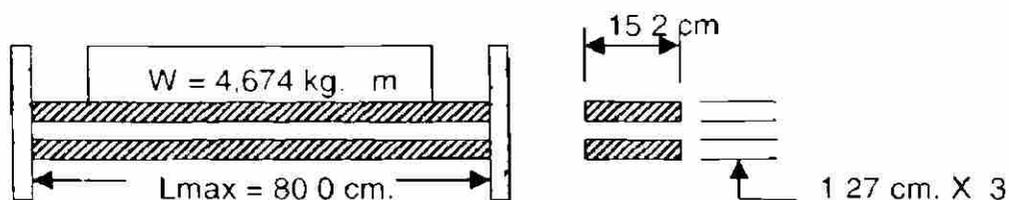


FIGURA 4.2 Representación de las barras de cobre bajo carga distribuida

$$F = F_{\max} \times L_{\max} = 4,674 \times 0.80 \text{ m}$$

$$F = 3,739 \text{ kg.}$$

$$Z = [ (15.2) (3.81^3 - 1.27^3) ] / 12 \quad Z = 67.6 \text{ cm}^4$$

$$S = Z / C = 67.6 \text{ cm.} / 1.9 \text{ cm} \quad S = 35.6 \text{ cm}^3$$

$$E = 124 \text{ KN} / \text{mm}^2 = 1,264,800 \text{ kg.} / \text{cm}^2$$

Calculo de la deformación máxima en las barras:

$$\delta_{\max} = W L^3 / 384 E Z = (3,739) (80)^3 / 384 (1,264,800) (67.6)$$

$$\delta_{\max} = 0.058 \text{ cm} = 0.58 \text{ mm.}$$

Por lo tanto la deformación es mínima y no reduce las distancias dieléctricas entre estas barras.

Calculo del esfuerzo máximo sobre las barras debido al momento flexionante máximo en corto circuito:

$$M_{\max} = W L / 12 = (3,739) (80) / 12$$

$$M_{\max} = 24,927 \text{ kg-cm.}$$

$$\lambda_{\max} = M_{\max} / S \quad \lambda_{\max} = 24,927 / 35.6$$

$$\lambda_{\max} = 701 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Considerando que la barra de cobre electrolítico desoxidado 99.9% soporta como esfuerzo mínimo aparente a la flexión 1,200 kg/cm<sup>2</sup> tenemos un factor de seguridad para operar del orden de:

$$F S = 1,200 / 701$$

$$F S = 1.71 \text{ el cual se considera adecuado}$$

## 4.2 HOJA DE DATOS GENERALES

El llenado de información dentro de la hoja de datos generales, es el primer paso a ser efectuado por el diseñador mecánico, y a pesar de ser algo muy sencillo es de vital importancia, ya que el programa tomara cada una de las características para en automático efectuar los cálculos preestablecidos en las fórmulas de la totalidad de las hojas de cálculo del transformador, de ello que un error u omisión repercute en un volumen considerable de información de resultados. La información se recaba del dibujo de armado interno, la hoja de diseño eléctrico y de las características particulares del cliente. Es importante en todo momento tener una impresión archivada para cada orden el particular como respaldo de que información fue considerada por ejemplo para cotización y si después se finca el pedido deberá confirmarse con los datos del diseño eléctrico para efectuar ajustes y no perder el control sobre los periféricos y el detalle de diseño. Como es frecuente en cálculos de transformadores similares existe la posibilidad de tomar el diseño de transformador ya fabricado y probado, de ahí estriba el gran potencial de este programa pero nunca habrá de descuidarse las pequeñas diferencias entre uno y otro, es decir por ejemplo si al tomar una misma base de datos el diseñador por error no cambia un dato en particular obviamente el error se puede llegar a detectar a veces hasta que ya hay piezas fabricadas, con los costos que esto representa en tiempo y materiales, cosa que no sucedería si la base de datos estuviera vacía en donde un dato faltante saltara a la vista. Existen varias formas de tratar de evitar este problema pudiendo ser el utilizar negrillas o un color diferente en los datos que ya hayan sido revueltos y ajustados para un nuevo transformador.

La hoja de datos generales se estructuró en 9 secciones, en la primera se llenarán el número de orden o serie del transformador, el nombre del diseñador, el nombre del cliente y la cantidad de aparatos

En la segunda seccion, llamada paileria y tipo de preservacion. se vaciaran las dimensiones interiores del tanque. el tipo de conservacion de aceite las temperaturas minima. norma y maxima para las cuales el transformador debera ser disenado, el tipo de refuerzos del tanque verticales u horizontales para los diferentes segmentos, asi como si llevara o no gargantas y fondo falso para las boquillas de baja tension.

En la tercer seccion se enfoca a la base estructural deslizable para el transformador definiendo el espesor del fondo del tanque y el tipo de refuerzos y si lleva refuerzos extra.

La cuarta seccion concentra en las características de la tapa del tanque y la alineacion de sus refuerzos.

De la hoja de datos del calculo del enfriamiento del transformador se tomaran la cantidad, distribucion, tamaño y marca de radiadores y ventiladores, para ser vaciados en la quinta seccion

En la sexta seccion se recopila la informacion de accesorios estandar que llevara el aparato, los cuales en su mayoría son obtenidos de la hoja de características particulares del transformador.

La septima seccion alimenta los principales datos generados en el dibujo del armado interno y los datos proporcionados por la hoja de disenado electrico, como características del nucleo, los pesos de cobre, aislamientos, etc., para cada una de las partes vivas. transformador principal, transformador serie y reactor, si es que los lleva

De la hoja del disenado de transformadores de corriente se llenara la octava seccion definiendo cantidad ubicacion en que boquillas, las dimensiones generales y su peso, la presentacion de alimentacion de TC's en esta seccion esta preparada para alimentar dos diferentes tamanos de transformadores de corriente

Por ultimo en la novena seccion se centraliza la informacion de datos de accesorios extras especiales como lo es el tipo de cambiador tr s pesos extras, accesorios del tanque extras, apartarrayos, etc.

**Nota** Vease e Capitulo No 6 inciso 6.1 para la seccion de ejemplos

### 4.3 HOJA DE CALCULO DE PAREDES, TAPA Y SUS REFUERZOS

Como se verá en esta hoja primeramente se calcula el espesor de las paredes la cantidad y geometria de los refuerzos requeridos para soportar la aplicacion de presion interna al transformador, calculando las propiedades de una canal soldada a una placa, calculo del eje neutro para la seccion compuesta por el refuerzo y la placa de la pared, calculo de los momentos polares de inercia, los modulos de seccion y los esfuerzos de flexion originados por la aplicacion de la presion. Aumentando las dimensiones del refuerzo y espesor de pared, así como el esfuerzo minimo aparente del material a emplear en la fabricacion de ellos, en primer instancia para los segmentos 1 y 3 (paredes lados largos), y posteriormente para los segmentos 2 y 4 (paredes lados cortos). De la misma manera se procede en el calculo del espesor de la tapa y sus refuerzos

El programa calcula y es decision del disenador interactuar con los resultados y datos de entrada hasta afinar el factor de seguridad deseado, que se estableció como 1.5 para calculo dentro de la zona elastica de comportamiento del material, si el factor calculado es menor que este valor el programa desplegará senales de advertencia

Del manual de mecanica de materiales tenemos que el analisis de para placas planas sujetas a cargas laterales es muy complicado porque las placas se pandean en todo sus planos verticales. Estrictamente las derivaciones matematicas han sido completadas solamente en algunos casos especiales muchas de las formulas disponibles contienen alguna cantidad de razonamientos empiricos. Las placas pueden ser calificadas como placas gruesas en las cuales el corte es importante. (2 placas de espesor promedio, en las cuales el esfuerzo a flexion predomina. 3 placas de gadas en las cuales depende directamente de la tension y 4)

membranas, las cuales están sujetas a la tensión solamente. Sin embargo líneas exactas de demarcación no existen.

Las siguientes fórmulas dadas aplican primeramente a placas de espesor promedio con cargas simétricas y espesor constante. En los análisis matemáticos se asignan por redistribución de esfuerzos, porque la cedencia ligera local, no es usualmente hecha. De allí que esta cedencia especialmente en materiales dúctiles, es beneficiosa. El esfuerzo y deformación máxima para placas rectangulares son calculados como.

$$\begin{aligned} S_{\max} &= k w R / t^2 \\ y_{\max} &= k_1 w r^4 / E t^2 \end{aligned} \quad (4.1)$$

Donde  $k$  = constante que depende de la relación de lados del rectángulo

$w$  = es la carga uniformemente distribuida, en nuestro caso la presión interna del tanque del transformador.

$R$  = es el lado mayor de los lados del rectángulo

$t$  = es el espesor de la pared

$k_1$  = constante que depende de la relación de lados del rectángulo

$r$  = es el lado menor de los lados del rectángulo

$E$  = Modulo de elasticidad

Existen dos opciones a considerar al tratar la pared como (a) simplemente apoyada en su periferia o (b) completamente empotrada en su periferia

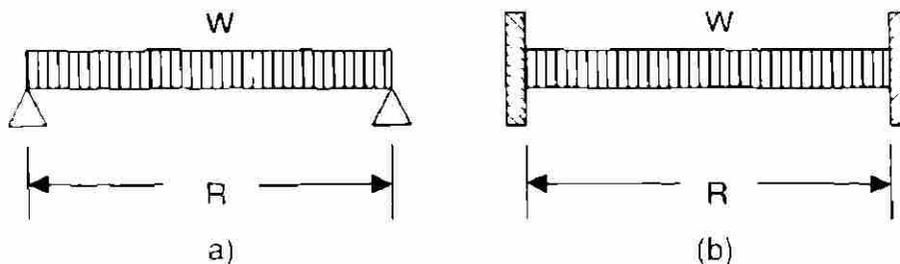


FIGURA 4.3 Representación de las paredes del tanque bajo carga uniformemente distribuida ocasionada por la presión.

Pero debido a que el análisis que se pretende llevar a cabo de los paneles de la pared del tanque es una combinación de ambos casos, ya que en una pared que cuente con más de un refuerzo ya sea vertical u horizontal dividirá la pared en tres o más paneles dos de los cuales, es decir los que quedan al lado de la unión de paredes, se comportarán como una placa con tres extremos empotrados y un cuarto extremo libre, y los restantes paneles quedarán con dos extremos empotrados y dos extremos libres o simplemente apoyados. Para clarificar esta aseveración veamos la siguiente figura 4.4 para el caso de la pared de un tanque con refuerzos horizontales

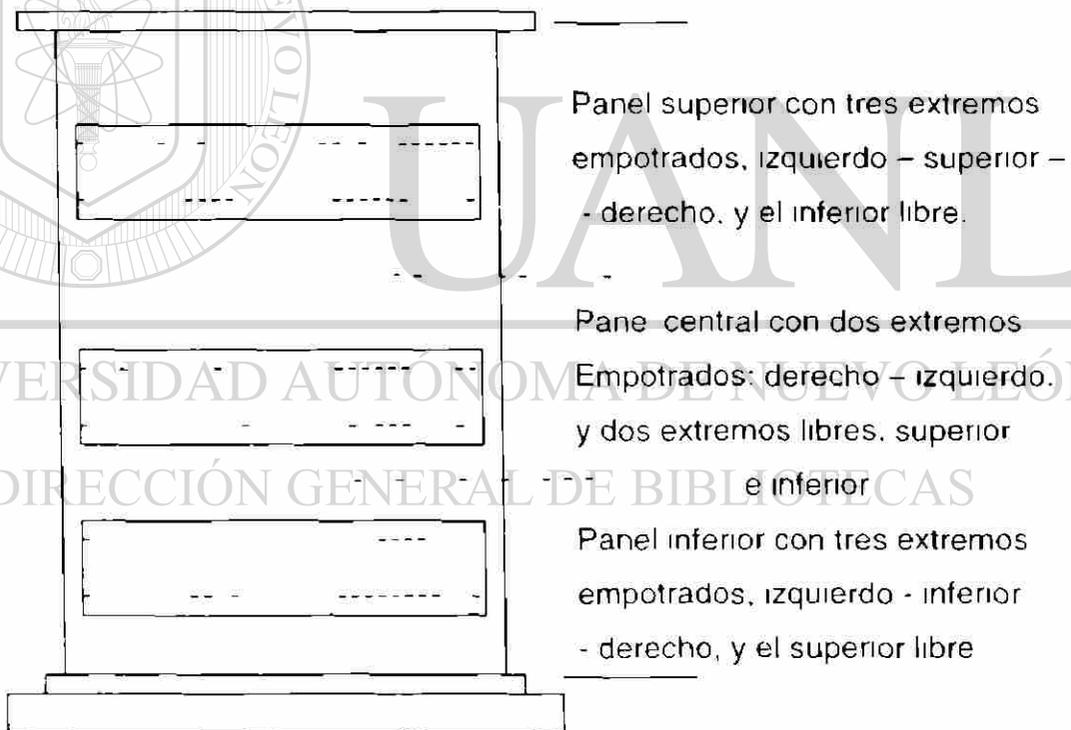


FIGURA 4.4 Representación del arreglo de paneles y refuerzos horizontales en las paredes del tanque del transformador.

De allí que la consideración más conservadora sea el estimar el panel con los cuatro extremos libres con lo que las constantes serían:

TABLA 4.1 Relación entre lado mayor (R) y lado menor (r) de la pared del tanque del transformador para obtener constantes k y k1

R/r -	1.25	1.5	2.0	3.0	4.0
k =	0.25	0.346	0.40	0.45	0.471
k1 =	0.0443	0.0843	0.1106	0.1336	0.1400

Y en el caso más crítico será donde

$$S_{\max} = 0.471 w R^2 t^2$$

$$y_{\max} = 0.14 w r^4 E t^2 \quad (4.2)$$

Como podemos observar el criterio seguido por el manual de mecánica de materiales está limitado para el análisis de comportamiento

al esfuerzo de las placas de las paredes del tanque, es por ello que se

decidió soportar el cálculo con las fórmulas empleadas por el manual de

diseño mecánico del fabricante de transformadores GEC Halston, el cual

recomienda el cálculo del esfuerzo a soportar la placa por la acción de la

presión interna y el cálculo del módulo de sección del refuerzo de canal

para reforzarlo con las siguientes relaciones.

$$S = \frac{0.25 p \cdot A^2 \cdot B^2}{t \cdot (A + B^2)}$$

$$Z_{\text{req}} = K N L^2$$

(4.3)



#### 4.4 HOJA DE CALCULO DE PERNOS GUIA ENTRE CEJA Y TAPA

En esta hoja de hoja de calculo se estima la cantidad de pernos guia entre la ceja del tanque del transformador y su tapa. primeramente el programa calcula en base al largo y alto interiores del tanque el area sujeta a la presion interna, de alli se estima la fuerza a la que es sometida la pared del segmento 1, que es igual al segmento 3. y se distribuye a lo largo del perimetro formado por las uniones a los dos costados, con las paredes de los segmentos 2 y 4 distribucion, la union hacia el fondo y por ultimo la union hacia la tapa a traves de la ceja. y es alli donde actuan los pernos guia.

Se calcula el esfuerzo a corte al que se someten dichos pernos, al mentando el diametro de la seccion a corte del perno, y el esfuerzo que soportan a corte dependiendo del material con que se fabricaran, como referencia se menciona el esfuerzo para el caso de usar un acero ASTM 1045, es decir 18 000 libras por pulgada cuadrada, pero el diseñador

tiene la opcion de emplear otro tipo de acero, de alli se calcula la cantidad de pernos requeridos por resistencia. El programa calcula y

es decision del diseñador interactuar variando el diametro de los pernos a usar o el material de los mismos y definiendo si coloca la cantidad calculada por resistencia a corte o por una distribucion con una distancia uniforme estandarizada en 750 milimetros.

E mismo procedimiento se sigue para los pernos guia de la pared del segmento 2 que es igual al segmento 4. solo que en lugar del largo interior del tanque, el programa calcula con el ancho interior del tanque

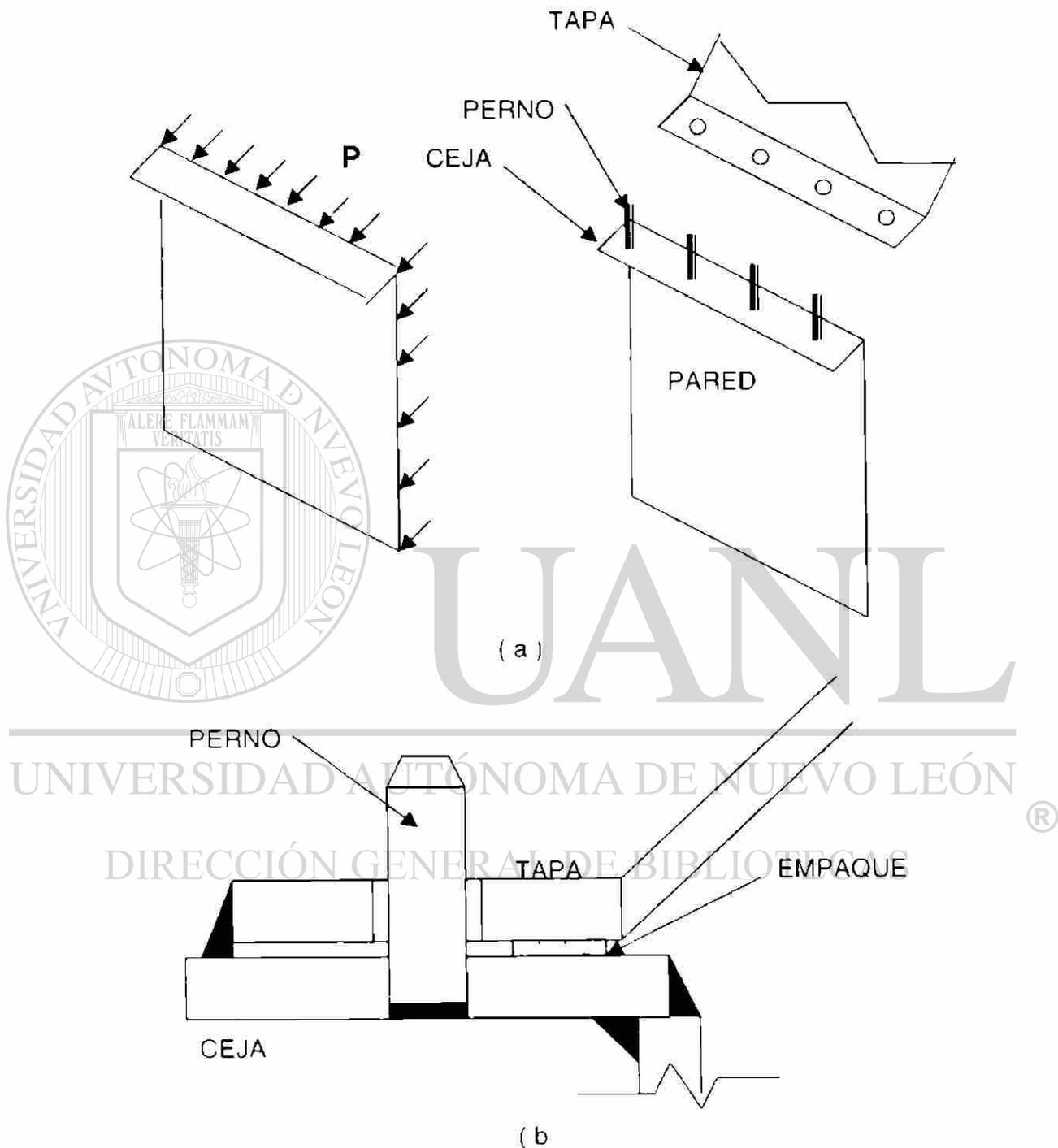


FIGURA 4 6 (a) Representacion de la presion sobre la pared del tanque  
 b) Detalle del anclaje de la ceja a la tapa de transformador

**Nota** Vease el Capítulo No 6 inciso 6.3 para la sección de formularios

## 4.5 HOJA DE CALCULO DEL TANQUE CONSERVADOR

El tanque conservador es un tanque cilindrico complementario para la preservación del aceite dielectrico diseñado para absorber as variaciones de nivel del aceite aislante debidas al cambio de volumen por el cambio de temperatura en la operacion del transformador, conectado a la tapa del tanque principal por medio de tuberia, estandarizada en aparatos de potencia a 3 pulgadas de diametro nominal, el cual usa una bolsa o diafragma para evitar el contacto directo entre el aire del ambiente y el aceite aislante, con lo cual se oxidaria y gradualmente se deteriorarian sus propiedades dielectricas, poniendo en riesgo la integridad y buen funcionamiento del transformador.

En esta hoja de calculo el disenador debera jugar con los valores de altura estimada dentro del conservador a los niveles minimo y maximo este ultimo en ningun momento debera ser menor ni igual al radio, esto por razones de las formulas de geometria del circulo empleadas, y debera estar revisando el cumplimiento de los volúmenes

requeridos para absorber las variaciones minima y maxima, para ello el programa desplegara senales de advertencia como nota No.1) y nota No 2)

Por otra parte como datos de entrada el programa tomara principalmente las dimensiones interiores del tanque, los kilogramos de cobre a slamientos herrajes; etc., para calcular el volumen preliminar de a totalidad de aceite aislante requerido dentro del transformador, y con las temperaturas minima maxima y norma como 25 C y con la constante de dilatacion termica del aceite dielectrico como 0.00075  $\text{lt} / \text{lt} \cdot \text{C}$ , calculara los volúmenes en cada caso.

**Nota** Vease el Capitulo No.6 inciso 6.4 para la seccion de formularios y ejemplos

#### 4.6 HOJA DE CALCULO INTEGRADO DE PESOS Y VOLUMENES

La hoja de calculo integrado de pesos y volúmenes es el resultado de la totalidad de cálculos de las anteriores hojas. Se concentra practicamente toda la informacion relacionada con el diseño y servira al departamento de dibujo como informacion detallada para la ejecucion de planos del transformador de potencia para cotizacion y aprobacion del cliente.

Esta hoja fue estructurada en 19 secciones, la primer seccion resume las características principales del **tanque**, como lo son dimensiones generales, espesores de las paredes de los segmentos 1 y 3, lados largos y de los segmentos 2 y 4 lados cortos, la orientacion de los refuerzos y sus dimensiones, los pesos de las paredes y los pesos de sus refuerzos, por ultimo el peso total del tanque principal.

La segunda seccion contempla la **base** del tanque principal, sus refuerzos, el fondo y de mas accesorios de la misma. Sus pesos, cantidades y el peso total de la base.

En la tercer seccion encontramos los **accesorios del tanque** como lo son las gargantas, fondos falsos, sujeciones parte viva, bases para apoyo de gatos, orejas para izaje, orejas para sujecion durante el embarque del aparato, etc

La cuarta seccion ampara todo lo relativo a la **tapa** del tanque principal espesores, refuerzos cantidad tipo y dimensiones, asi como el peso total de la misma

De la quinta seccion a la decima seccion resumen los **accesorios de boquillas** necesarios para la sujecion de las mismas. De alta tension; neutro de alta tension; neutro de baja tension, terciario y neutro comun, si es que lo lleva. La hoja integra dimensiones de bridas soldadas y contrabridas fijas, longitud de botes para contener los transformadores de corriente, pesos unitarios y totales. En el calculo

de bridas para boquillas, el programa asume la existencia de tales boquillas, pero se ajusta a la realidad al calcular el peso de las bridas al ser multiplicado por la cantidad de boquillas indicadas en los datos generales, es decir aun cuando calcula un diametro de brida al no llevar boquilla de este tipo lo multiplica por cero al calcular el peso de la misma y al eliminarla ajusta el error, ademas la injerencia de existencia de tanque conservador en el sistema de preservacion de aceite, condiciona el uso de bridas de mayor espesor (31.8 mm. en lugar de 12.7 mm) para poder maquinar agujeros para la purga de aire entrampado y o venteo de gases generados hacia el relevador Buchholz.

La decimo primera seccion contiene la cantidad, medida de extension, espesor de brida y peso total de los **registros hombre**.

De la decimo segunda seccion se obtendra el concentrado de **pesos de la tapa** integrando las bridas, contrabridas, registros hombre, botes para transformadores de corriente y el total de la tapa.

La decimotercera seccion resume lo correspondiente a medidas y pesos de la **parte viva** y sus componentes como lo son: los herrajes; bases parte viva; sujeciones parte viva; tirantes; orejas de izaje parte viva y demas accesorios.

La decimocuarta seccion contiene lo relativo a datos del **diseño eléctrico y del armado interno**, tales como los pesos de cobre encintados y aislamientos para el transformador principal, el transformador y reactor si es que los lleva estima el peso total de la parte viva seca y posteriormente el peso ya impregnada de aceite aislante. De acuerdo a datos estadisticos se ha determinado que el volumen de impregnacion de aceite absorbido por los aislamientos secos a una temperatura de 120 C. para lograr la estabilizacion de aislamientos, es de un 58 %.

En la decimoquinta seccion encontramos los **accesorios del transformador** como lo son los radiadores y sus cabezales, el cambiador bajo carga, boquillas y apartarrayos, transformadores de corriente el

tanque conservador, las ruedas y las conexiones exteriores que incluyen el gabinete de control y los conductos.

La decimosexta sección es un resumen de la **cantidad de accesorios e instrumentos** que llevara el transformador como lo pueden ser los siguientes:

R.M.S. . Relevador mecánico de sobrepresion.

R P S. Relevador de presión subita.

I.T.D. . Indicador de temperatura del devanado.

I T.A. Indicador de temperatura del aceite (termometro).

E N.A. (RND) Equipo de nitrógeno automatico con doble cilindro.

E N.A. (RNC) Equipo de nitrogeno automatico con cilindro sencillo

SILICA HB5 Respirador con desecador de silica-gel.

HYDRAN · Detector de partes por millon de Hidrogeno disuelto en el aceite dielectrico.

La decimoseptima sección contiene un resumen preliminar de los **pesos** de los diferentes componentes y accesorios .

La decimooctava sección concentra un resumen de los **volúmenes** del tanque, radiadores, C.B.C. (cambiador bajo carga), tanque conservador, tuberías y demás salientes.

Por ultimo la decimonovena sección estructura un resumen global de los **pesos y volúmenes** con un enfoque a cubrir los requerimientos de información que deberán estar desplegados en el plano de dimensiones generales del transformador tanto para operación como durante el embarque del mismo.

**Nota** Vease el Capitulo No.6 inciso 6.5 para la sección de formularios y ejemplos

#### 4.7 HOJA DE CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD PARA OPERACIÓN Y PARA EMBARQUE

La hoja de calculo del centro de gravedad para operacion y para embarque requiere que previamente se haya efectuado ya el dibujo de dimensiones generales del transformador para poder tener acceso a las coordenadas de localización de los diferentes componentes ahí listados

El diseñador mecánico deberá tener previamente calculado el enfriamiento del transformador y haber definido la cantidad y ubicacion de los bancos de radiadores. La hoja contempla 8 columnas para cada uno de los principales componentes descritos como son: parte viva del transformador principal; tanque incluyendo base y tapa; boquillas; tanque conservador, bancos de radiadores; parte viva del transformador serie parte viva del reactor, etc.

La segunda y tercer columnas se llenan en automatico con los pesos estructurales y carga de aceite de cada componente, la cuarta columna esta destinada a marcar la carga en kilogramos que aplica en el transformador durante su operacion, es decir practicamente todos los componentes con que cuenta, más no así durante su embarque, por eso existe la quinta columna. Por ejemplo la carga estructural y la carga de aceite de la parte viva aplica tanto durante operacion como el embarque, mas la carga estructural y la carga de aceite del tanque conservador aplica para operacion pero se embarca normalmente por separado, por lo tanto no aplica para el calculo del centro de gravedad del transformador durante el embarque. Es importante que las coordenadas sean siempre con referencia a un mismo eje o nivel.

El calculo de las coordenadas obedece a un balanceo de momentos igualados, esto es parcialmente la carga ya sea estructural o de peso de aceite multiplicada por su brazo de palanca a un eje de referencia, llamado en este caso "X"; "Y" y "Z", considerado arbitrariamente positivo y negativo segun se esquematiza en la figura 4 7

y en la hoja de calculo, para posteriormente dividirlo entre la suma total de cargas que corresponda, con ello se calculan las coordenadas del centro de gravedad para cada caso.

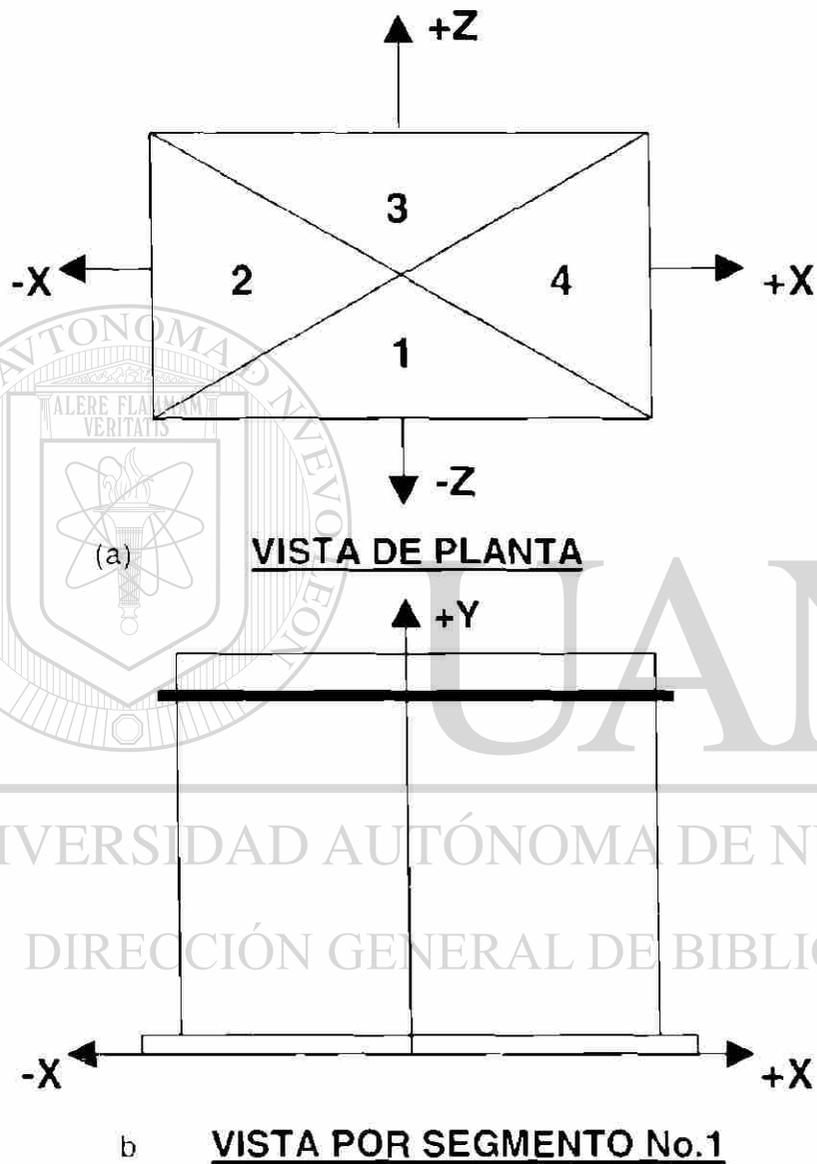


FIGURA 4.7 (a) Vista de planta y (b) vista por segmento No.1 para ubicar las coordenadas de los centros de gravedad.

**Nota:** Véase el Capítulo No.6 inciso 6.6 para la sección de formularios

#### 4.8 HOJA DE CALCULO DE LAS OREJAS PARA IZAJE DEL TRANSFORMADOR COMPLETO

Esta hoja de calculo es complementaria y es una referencia del tipo de calculo que el diseñador deberá efectuar para un transformador de potencia, con dos versiones, la primera para el calculo de un transformador con un peso total de izaje de 150.000 kgs. con refuerzos horizontales en la pared del segmento No.1 y No 3, considera un angulo de izaje de los estrobos de cable de acero con un minimo de 60° respecto a la horizontal, considera un factor de seguridad de 5 minimo requerido por la Norma ANSI 9 2.6 1, utilizando placas de acero ASTM A-36 y soldaduras bajo Normas AWS E-7018, con sus respectivos esfuerzos de trabajo dentro de limite elástico. La segunda es para un peso total de izaje de 345,000 kgs. con refuerzos verticales en la pared de segmento No 1 y No.3, en ambos casos se estudia la soldadura como una linea

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Nota: Véase el Capítulo No.6 inciso 6.7 para la sección de ejemplos

#### 4.9 HOJA DE CALCULO DEL SOPORTE DEL BANCO DE RADIADORES DE ENFRIAMIENTO POR CONVECCIÓN NATURAL (OA) Y FORZADO (FA) INDEPENDIENTE DEL TANQUE PRINCIPAL DEL TRANSFORMADOR

Esta hoja de calculo complementaria es una referencia del calculo que el disenador podrá desarrollar en el caso de que por necesidades propias la cantidad de radiadores para enfriamiento, no sea posible acomodarlos en las paredes del tanque principal, o bien ya sea por requerimientos particulares del cliente.

Para este caso se consideró un peso total de 2 bancos de radiadores de 48.000 kgs., con su centro de gravedad ya previamente calculado y aplicando un factor de seguridad de 5, considerando placas de acero ASTM A-36, y soldaduras AWS E-7018. En esta hoja se calculan los momentos polares de inercia y módulos de sección de las columnas tubulares con sus cartabones de refuerzo, los esfuerzos combinados por carga de corte y momentos flectores, para por ultimo analizar los soportes como columnas con la ayuda del Manual de Altos Hornos de Mexico (AHMSA), para calcular su relacion de esbeltez y con ello su capacidad de carga.

Nota Vease el Capitulo No 6 inciso 6.8 para la seccion de ejemplos

# CAPÍTULO 5

## CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

### 5.1 CONCLUSIONES

De un análisis cualitativo del programa de calculo mecanico para el transformador de potencia, podemos subrayar en particular de cada una de las hojas de calculo las siguientes características ventajosas para el diseñador

#### 5.1.1 HOJA DE DATOS GENERALES

Dada la importancia de asegurar que la base de datos de entrada sean los correctos y evitar al maximo el incurrir en un error, omisión o confusión se pericata en el programa de las bondades del arreglo de posicion y rdenamiento en agrupaciones de datos de areas comunes. lo cual facilita al diseñador el vaciar con seguridad la informacion a la hoja de calculo.

Pongamos por ejemplo el caso de las dimensiones interiores del tanque. los datos de la hoja de calculo de enfriamiento del transformador, así como los datos recabados del dibujo de armado, los cuales estan ordenados en un punto parti ular de la hoja de datos generales y en caso de una modificacion o ajuste p r a gun requerimiento se visualizan rapidamente

Otro atributo en la presentacion del formato de datos, reside en la p s b d ad de almacenar en cada orden de trabajo la correspondiente corr da de programa de calculo, dado que siempre existira la posibilidad de a guna rden simi ar o la necesidad futura de aclaraciones con e cliente.

### 5.1.2 HOJA DE CALCULO DE PAREDES: TAPA Y SUS REFUERZOS

De esta sección del programa se puede resaltar lo favorable de haber vertido los criterios de diseño dentro de las formulas, liberando de sobremanera a diseñador, al aligerarle el calculo repetitivo y otorgandole una mayor libertad para el desarrollo y busca de mejora continua en el diseno, así mismo el prever senales de alarma cuando no se cumple un predeterminado factor de seguridad o alguna condición de diseño, resulta muy conveniente para dar confianza a los resultados del programa antes de su fabricación en la linea de produccion.

Por otro lado la representación de la seccion geométrica de los diferentes refuerzos empleados en la construcción del transformador, tales como refuerzos de los segmentos No. 1 y No.3 ( paredes de los lados largos ), refuerzos de los segmentos No 2 Y No.4 ( paredes de los lados cortos ) y los refuerzos de la tapa, con sus correspondientes dimensiones es muy practico para la visualizacion de las proporciones y el calculo de las propiedades geometricas y con ello de resistencia de materiales de los refuerzos, así como en la interaccion del diseñador buscando el perfil mas optimo, ya sea por limitaciones de espacio o bien por costo de fabricacion ( kilogramos – metro ).

En el caso particular del ejemplo de calculo que se presenta los espesores de paredes y dimensiones geométricas de los refuerzos, tanto para las paredes de los segmentos No.1 Y No.3 así como para la tapa, arrojan como resultado niveles de esfuerzo inferiores de 36 000 psi que junto con factores de seguridad adecuados superiores al criterio preestablecido de 1.5 como aceptable, nos aseguran la integridad del diseno del transformador en esos lados, no siendo así para el calculo del espesor requerido para las paredes en los segmentos N 2 y No 4, en donde el esfuerzo si es inferior a 36.000 psi, pero el factor de seguridad en el panel de la pared solo llega a 1.4 La interaccion del diseñador consiste en incrementar el valor del espesor de la pared de 0.952 cm. a 1.27 m con lo cual llevara dicho factor a un valor de 2.49 siendo así ya aceptable, o bien ya sea en el caso extremo el tener que incrementar la cantidad de refuerzos en esos lados para reducir directamente el ancho del panel.

### 5.1.3 HOJA DE CALCULO DE PERNOS GUIA ENTRE CEJA Y TAPA

Aunque aparentemente el calculo de la cantidad y diametro de los pernos guia entre la ceja y la tapa del tanque principal del transformador es elemental, no dejan de ser importante, al ayudar a la soldadura entre la ceja y la tapa del tanque a soportar los esfuerzos mecanicos inherentes durante el proceso de vacio del transformador, ya que una grieta en dicha soldadura es un problema serio a resolver cuando el aparato se encuentra completamente ensamblado, es decir ya con la parte viva dentro e impregnada con aceite, o ya proximo a efectuarse pruebas en laboratorio y con el riesgo de un posible incendio si no se toman las medidas de seguridad adecuadamente

Es por ello que la hoja de calculo de la cantidad y dimensiones de los pernos guia es de vital apoyo en el proceso de diseno mecanico del transformador, y en este caso podemos resaltar la sencillez de la presentacion del programa, por ejemplo la facilidad de poder incrementar o reducir el diametro del perno y el poder cambiar el tipo de material a emplear con su correspondiente esfuerzo a corte, facilita su uso

En el calculo de pernos guía entre ceja y tapa del ejemplo que se presenta, podemos observar que la cantidad de pernos requeridos por resistencia mecanica es diferente que la cantidad de pernos que se podran acomodar manteniendo una distancia mecanica uniforme o estandar de 750 mm para las paredes de los segmentos No.1 y No.3, no así para las paredes de los segmentos No.2 y No.4 en donde en ambos casos coinciden. Si el diseñador deseara mantener la cantidad menor requerida por espacio y el unico que le restaria hacer es cambiar el material del acero empleado en la fabricacion de los pernos, es decir en lugar de un acero ASTM 1 45 con resistencia al corte de 18,000 psi, podria seleccionar un acero ASTM 4140 con un resistencia al corte de 25,000 psi a 30,000 psi.

#### 5.1.4 HOJA DE CALCULO DEL TANQUE CONSERVADOR

La interacción entre el diseñador y el programa de cálculo alcanza un grado mayor en lo que refiere al diseño del tanque conservador, puesto que deberá tener en consideración las temperaturas entre las cuales ha de estar diseñado para operar el transformador, libre de problemas por el cambio natural de volúmenes y niveles de aceite, a su vez ocasionados por el diferencial de temperatura, de ahí lo conveniente de tenerlos en una sola hoja, con el fin de supervisar el comportamiento de estos parámetros a controlar.

Basicamente el programa ha simplificado el cálculo al ajustar las alturas estimadas para el nivel de aceite dieléctrico alto y bajo, y retroalimenta toda la gama de dimensiones e información requerida para ser evaluada por el diseñador.

En el caso particular del ejemplo de cálculo de las dimensiones y volúmenes del tanque conservador, el diseñador alimentó en la hoja de datos una temperatura máxima de 105 C, en consideración de los límites particulares establecidos por la Norma K.0000-06 de C.F.E. de límites de capacidad por sobreelevación en base a una temperatura máxima de 65 C sobre una temperatura ambiente máxima de 40 C, y mínima de -20 C (Ver 2.3.1 Sección 4 Datos de evaluación). Los valores de altura "b=", alto = 1,040 mm. y bajo = 146 mm, para el nivel de aceite en ambos extremos se fue ajustando en base a las dimensiones del radio interior del conservador (radio del círculo = 650 mm), y verificando los resultados arrojados para cada estimación, hasta lograr cumplir con los requisitos preestablecidos en el programa de cálculo para volumen mínimo de 345 dm.<sup>3</sup> y máximo de 789 dm.<sup>3</sup>, requeridos por el conservador.

### 5.1.5 HOJA DE CALCULO INTEGRADA DE PESOS Y VOLUMENES

Una vez efectuados los cálculos de cada una de las hojas anteriores, la integración de resultados es prácticamente obligatoria, por lo mismo la generación del resumen global de pesos y volúmenes de los diferentes componentes del transformador puede ser recabada y vaciada en forma sencilla directamente a los planos de dimensiones generales para la cotización y aprobación del cliente. De igual forma el departamento de cotizaciones obtiene en una manera simple y resumida un listado de los accesorios estándar o especiales para agregarlos a los costos preliminares del aparato.

Otra posible ventaja de la integración de pesos y volúmenes es el aprovechamiento por el departamento de producción en equipo con contabilidad para establecer en un momento dado el presupuesto requerido para la fabricación de determinada cantidad de unidades anuales, y hacer una proyección de los ingresos estimados por ventas para un periodo dado.

Del ejemplo de cálculo integrado de pesos y volúmenes para el transformador dado, podemos concluir que para el caso particular el peso para el transformador, es decir totalmente ensamblado con aceite, es de 121 588 kgs, por lo cual esta dentro de la capacidad de carga del sistema de chon de aire para ser introducido y ubicado en el área de laboratorio de pruebas así como que al pesar 68,750 kgs. sin aceite es fácilmente manejable por medio de plataforma "low-boy" para su embarque por carretera.

### 5.1.6 HOJA DE CALCULO DE CENTRO DE GRAVEDAD PARA OPERACION Y EMBARQUE

En la mayoría de los transformadores de gran tamaño como los aquí estudiados, el calculo de los centros de gravedad tanto para operacion como para el embarque es requerimiento indispensable por parte del cliente y reviste una mayor importancia desde el punto de vista de seguridad. Consideremos el caso del embarque de un transformador en una plataforma o "low-boy", que por error se haya estimado mal su centro de gravedad durante el embarque, por que una cosa el centro geometrico del aparato externamente y otra muy diferente la ubicación del centro de gravedad afectado directamente por la actuacion de la parte viva, o conjunto de núcleo y bobinas, las que por estar en u interior no son consideradas por el transportista, lo más probable es que al transitar por una curva cerrada se ocasione un accidente. Es por eso que resulte benefico el tener un programa que lo calcule de manera confiable y rapida ambos parámetros, la única desventaja que podría dictaminar hacia esta hoja es el tener que depender de la terminación total del plano de dimensiones generales, para la obtención de las coordenadas de cada elemento principal en sus tres ejes.

Al comparar el resultado de la coordenada vertical para el embarque del aparato  $Y = 1.821$  mm., contra la coordenada original de altura al centro de gravedad de la parte viva  $Y = 1.756$  mm., da una diferencia de apenas 65 mm., con lo que podemos confirmar la fuerte influencia de la carga representada por e peso de la parte viva, es decir 40,262 kgs. contra el peso total de embarque del aparato sin aceite de 68,750 kgs., lo que representa un 58% del total.

### 5.1.7 HOJA DE CALCULO DE LAS OREJAS PARA IZAJE DEL TRANSFORMADOR COMPLETO

Definitivamente sería muy ambicioso y complejo tratar de crear un programa que prevea todas las variantes que se presentan en el diseño del transformador de potencia, no es como en el caso de los transformadores de distribución o media potencia donde en la mayoría de los casos están bastante estandarizados, en el de potencia aún en el caso de clientes avanzadamente normalizados como lo es la Comisión Federal de Electricidad, las condiciones del sitio donde el transformador ha de operar, así como las características particulares hacen de cada orden un caso único, de igual manera podemos tener la analogía del cálculo de las orejas para izaje del transformador en su conjunto, cada arreglo particular como la geometría y disposición de los componentes aunado a los centros de gravedad hacen un caso especial de diseño. Pero no dejara de ser ventajoso el tener ejemplos típicos de la manera de atacar el problema y resolverlo dentro de los márgenes de seguridad establecidos por las Normas. Tal vez una manera competitiva de diseño sea por medio del análisis de elementos finitos, pero no siempre se tiene el "software" de ingeniería y dibujo, o el tiempo requerido para llevarlo a cabo, de ahí que el cálculo de ingeniería tradicional puede ser suficientemente preciso y rápido.

Del ejemplo ilustrativo de cálculo de las orejas para izaje del transformador completo, podemos concluir que los valores de esfuerzo a los que se sometería las orejas aquí estimadas están por debajo de los esfuerzos de cedencia para la placa de acero seleccionada, para la soldadura escogida y para las barras de acero establecidas, en el caso de que alguno de los valores hubiera sido rebasado bastaría para el diseñador seleccionar otras alternativas.

### 5.1.8 HOJA DE CALCULO DEL SOPORTE DEL BANCO DE RADIADORES DE ENFRIAMIENTO POR CONVECCION NATURAL (OA) Y FORZADO (FA) INDEPENDIENTE DEL TANQUE PRINCIPAL DEL TRANSFORMADOR

Normalmente las paredes del tanque principal pueden dar cabida a la cantidad total de radiadores requeridos para disipar las perdidas en calor generadas por el transformador, pero en algunos casos especiales en los cuales por requerimientos propios del diseño o del cliente es necesario el empleo de bancos de radiadores separados del tanque principal de ahí la determinación de agregar un ejemplo de la manera de resolver esta necesidad.

El ejemplo presentado permite determinar que los valores de esfuerzo a combinados a los que se someterían los soportes están por debajo de los esfuerzos de cedencia para la placa de acero seleccionada y para las dimensiones y tipo de soldadura escogida. En el caso de que alguno de los valores hubiera sido rebasado bastaría para el diseñador seleccionar otras alternativas de materiales, alimentar sus correspondientes esfuerzos de cedencia, y/o incrementar paulatinamente las secciones de diámetro o espesores para cumplir los requerimientos de resistencia de materiales establecidos.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 5.1.9. RESUMEN DE CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado y de implementar el programa integral de diseño mecánico para transformadores de potencia y de efectuar varios diseños, el diseñador se da cuenta que el programa es amigable teniendo las bases de lo que se está calculando, y con el apoyo de las memorias que quedan fundamentadas dentro de los formularios, el futuro ajuste por mejoras implementadas o cambios en los criterios de diseño, es prácticamente posible dar mantenimiento y actualizar el programa.

## 5.2 SUGERENCIAS

Conforme el programa de calculo integral de diseño mecánico para transformadores de potencia se vaya aplicando más frecuentemente la velocidad de respuesta para determinar los componentes debe ir mejorando y al retroalimentar los diseños definitivos a los criterios de calculo del programa la precisión de obtencion de resultados más acordes entre ambos debera ir mejorando considerablemente.

La posibilidad de capacitar a personal de recién ingreso alternando la inducción a las normas de fabricación y estándares y criterios de diseno, con la aplicacion de este programa debe ser bastante positivo y el acondicionamiento de estos nuevos diseñadores deberá ser mas rapido.

El proyectista o supervisor de dibujantes con una buen asesoramiento del diseñador mecanico debe ser capaz de aplicar el programa con las reservas pertinentes de una segunda revisión de los valores principales, e ir adquiriendo seguridad en sus resultados.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CAPÍTULO 6

## SECCIÓN DE FORMULARIOS Y EJEMPLOS

En el presente capítulo se ejemplifica la aplicación del software Excel® en la solución de un caso particular de diseño de transformador, donde se considera los datos de entrada vertidos. La primera sección en cada caso corresponde a la presentación tal y como se ve en la pantalla de la computadora (incisos: 6.1; 6.2; 6.3; 6.4; 6.5; 6.6; 6.7; 6.7.1; 6.7.2; 6.7.3; 6.7.4; 6.7.5; 6.7.6; 6.8; 6.8.1; 6.8.2; 6.8.3; 6.8.4), posteriormente se detalla las fórmulas aplicadas en cada punto del programa ( incisos: 6.2.1; 6.3.1; 6.4.1; 6.5.1; 6.6.1). Es por eso que se solicita la dispensa del tamaño de letra y el orden de los datos presentados en la pantalla, ya que se ha querido ejemplificar de la manera más cercana posible con la realidad que se presenta al diseñador al aplicarlo.

## 6.1- HOJA DE DATOS GENERALES

Orden: Diseñador: Diseño2 G.Nieto Cant. de aparatos: 1 Cliente: G.L.M.A.M.I.A.

### PAJERIA Y TIPO DE PRESERVACION

#### DIMENSIONES INTERIORES DEL TANQUE:

Largo = 5450 mm  
Ancho = 2290 mm  
Alta = 4050 mm  
Tipo de Cota = Bolidada

Refuerzos verticales en seg. No.1 y No.2 = 5 (S o N) Verticales  
Refuerzos verticales en seg. No.2 y No.4 = N (S o N) Horizontales  
M.S.N.M. = 1000  
Cabezas = 3 (S o N)

#### CARACTERISTICAS DEL TANQUE:

Conservador = S (S o N)  
Alt. al NIVEL Aceite Min = 3640 mm. (25°C Normal)  
Temp. máx. aceite = -20 °C  
Temp. mín. aceite = 105 °C  
Temp. Norm. aceite = 25 °C

#### GARGANTAS:

Cant. = 1 pzs.  
Largo = 1720 mm.  
Alto = 1100 mm.  
Prof. = 560 mm.  
Espesor = 9.52 mm.  
Prof. Carg. Desm. = 922 mm.  
Lbicar por Seg. = 1  
Fondo falso:  
Alto = 0 mm.  
Prof. = 0 mm.

Conserv. por Segmento = 3

#### BASE ESTRUCTURAL:

Espesor del fondo = 12.7  
Cant. Ref. Tránsver. = 4 Cant. Ref. Long. = 2 pzs. Cant. ref. extras de solera = 0 pzs.  
Peralte = 400 mm. Peralte = 400 mm. Ancho = 0 mm  
Patin = 89 mm. Patin = 89 mm. Largo = 0 mm.  
Espesor = 12.7 mm. Espesor = 12.7 mm. Espesor = 0 mm.

#### TAPA TIPO DOS AGUAS:

Espesor = 15.8 mm. Refuerzo tipo canal  
Cant. Reg. hombre = 3 Alineación de refuerzos? T (L=Longitudinales; T=Transversales)  
Extensión de Reg. = 50 mm. Cant. = 4 pzs.  
Cant. Reg.'s. Mano = 0 pzs. Peralte = 300 mm.  
Espesor = 19.0 mm. Patin = 152 mm. } Valores a calcular en hoja de Refuerzos  
Peso unit. = 181 mm. Espesor = 19.0 mm.

#### DATOS DE LA HOJA DE ENFRIAMIENTO

Total de Radiadores = 8 pzs. Radiadores por Banco Seg. 1 = 0 Radiadores por Banco Seg. 1 = 0 Ventiladores  
Tipo de Radiador = 10831 entrecientos = 2743 Seg. 2 = 0 Radiadores. Banco Seg. 2 = 0 Ventiladores  
Marca = 2 (1= Protas; 2= Tranter) Seg. 3 = 3 Radiadores. Banco Seg. 3 = 7 Ventiladores  
Total de Ventiladores = 7 pzs. Seg. 4 = 0 Radiadores. Banco Seg. 4 = 0 Ventiladores  
Flujo = 7400 CFM's. MotoBombas = 0 Cant. cabezas = 2 cabezas  
Temperatura AOR = 45.9 °C. ¿Cuentos radiadores por cabeza? = 4 Radiadores  
Alura al cabezal inferior = 846.8 mm. Características del ventilador:  
Ventiladores en FA1 = 2 pzs. Modelo = F26-A9714 HP = 1/3  
Ventiladores en FA2 = 7 pzs. Voltaje = 480 Volts.  
Ventiladores en FA3 = 7 pzs. Fases = 3  
Frecuencia = 60 Hz

#### ACCESORIOS Y COMENTARIOS DE DATOS INICIALES

NOTAS	FAS	Val' s / drenaje (50.8°C)	Val' s / p/muestreo (25.4°C)
Rele Mac Sobrepresión = FALSO		2	2
Rele Presión Subata = 1			
Ind Temp Devabador = 1			
Ind Temp Aceite = 1			
Placa Termop = 1			
ENA (RND) = 0			
ENA (RNC) = 1			
Manovacuometro = 1			
Valv p/rao Tranter = 10			
I.T.D. scada = 0			
I.T.A. scada = 0			
Silica-HB5 = 0			
RTD S = 0			
		Detector de Impacto = 1	
		Nivel de Aceite (tanque) = 1	
		Cajas Centralizadas = 1	
		Motobombas = 0	
		Pasamuros = 4	
		Caja atemizaje núcleo = 2	
		Hydran 2000 = 0	
		ENA (Nacional) = 0	
		Silica-HB6 = 0	
		Resistencia neutro = 0	
		Silica-HB777 = 0	

#### DATOS DE HOJA DE DISEÑO ELECTRIC

Exite esp (mm) = 1295 Perdidas Fe tot. = 38.817 kW Principal (DE) Rescator Serie  
Ventana (mm) = 1950 Densidad Flujo = 1.7006 Tesla Cobre = 8652 kg. Cobre = 0 kg. Cobre = 1365  
Diam núcleo (mm) = 603 Dia. ext bobinas = 667 mm. Silica = 24247 kg. Silica = 0 kg. Silica = 3575  
Frecuencia = 60 Fza Axial No Bal = 0 kg. Enchafado = 499 kg. Enchafado = 0 kg. Enchaf = 43  
Tipo Lam. MFC H (H-6) = NI Area apneta Paq. = 0 in<sup>2</sup> Aislamiento = 1424 kg. Aislamiento = 0 kg. Aislam = 151  
Herrajes = 0 kg. Herrajes = 1434

#### DATOS ARMADO INTERNO PRELIMINAR:

#### DATOS DEL ARMADO

Kg Bloks = 200 kg. Opreores = 32 pzs. P.V. sin impregnar = 45585 kg.  
Kg Cobre = 200 kg. Sujeción P.V. = 4 pzs. P.V. impregnada = 46946 kg.  
Kg Soportes = 106 kg. Paso crepas = 0 kg.  
Kg Enchafado = 80 kg.  
Kg Aislamientos = 95 kg.  
Kg Camb. sin carga = 100 kg.  
Kg herrajes = 3404 kg.

DE LA HOJA DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE ( TC's )

TC's.	Boquilla												
	H1	H2	H3	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Ho	Xo	HoXo	
Cantidad	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Diam interior	324	324	324	180	192	0	0	0	0	0	0	155	0
Diam exterior	520	520	520	270	270	0	0	0	0	0	0	320	0
Espesor	169	169	169	89	89	0	0	0	0	0	0	209	0
Peso	99.62	99.62	99.62	8.65	6.47	0	0	0	0	0	0	57.03	0
Cantidad	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diam interior	333	333	333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diam exterior	520	520	520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Espesor	89	89	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peso	44.76	44.76	44.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BOQUILLAS	AT ( H )	BT ( X )	TERC ( Y )	Xo	Ho	HoXo
Cantidad	3	3	0	1	0	0
Diá Max boquilla	301.625	123.825	0	120.65	0	0
Dist para TC's	679.45	450.85	0	431.8	0	0
Peso por boquilla	1100	72	0	185	0	0
Peso apartarroyos	0	0	0			

DATOS DE ACCESORIOS:

Cambiador Bajo Carga (OLTC)

Mando a motor	=	0	lb.
Tanque y Accesorios	=	790	lb.
Peso del aceite	=	387	lb.

Otros Pesos Extras:

Salientes	=	0	kg.
Otros	=	0	kg.
Ruedas	=	0	kg.
Volumen de salientes	=	0	lts.

Accesorios del Tanque (kg) (Peso Sugiero)

Apoyo para gato	=	162.98	160.55	kg.
Orejas de Embarque	=	43.83	65.74	kg.
Oreja de Izaje	=	206.01	203.41	kg.
Anclaje	=	0	kg.	
Sop. Apart	=	200	kg.	

Soportes Apartarroyos

A. T =	200	kg.
B. T =	0	kg.

Conexiones Exteriores

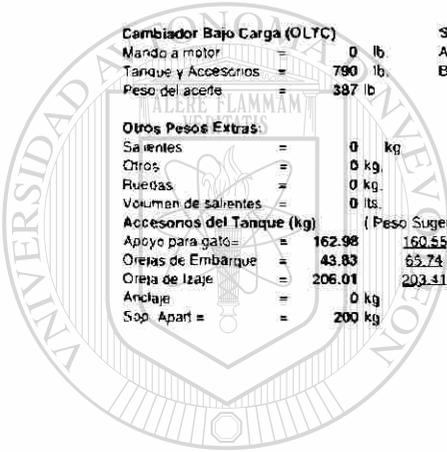
Gabinete =	130	kg.
Condulets =	20	kg.
Resistencia de neutro =	0	kg.
Bases de anclaje =	N (S ó N)	

Bases de anclaje

Distancia entre centros de barrenos	longitudinal =	0	mm.
	transversal =	0	mm.
Estimar pesos =	N A		

Altura de la caja al nivel de aceite premarque = 0 mm

Peso en Operación = 121588 kgs



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



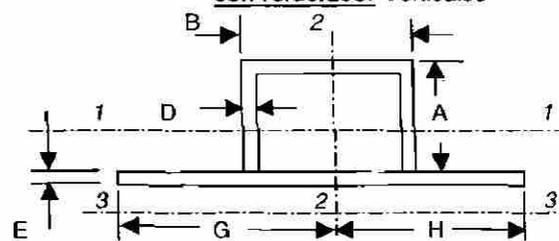
## 6.2 - CALCULO DE PAREDES, TAPA Y SUS REFUERZOS

Orden: DISEÑO2 Calculos de paredes de los Segmentos 1 y 3 con refuerzos: Verticales

### DATOS DE ENTRADA:

A = 30.0 cm.  
B = 52.0 cm.  
D = 1.58 cm.  
E = 1.27 cm.  
G = 59.7 cm.  
H = 59.7 cm.

peso unit.ref. = 532 kgs.  
peso tot.ref's. = 2126 kgs.



No. refuerzos = 4  
Lgo. o alto tanque = 5450 mm  
Peso pared = 2203 kgs.  
Peso paredes con ref. = 4329 kgs.

### DATOS DE SALIDA:

I1 = 54778.67 cm.4  
I2 = 255759.00 cm.4  
I3 = 103993.04 cm.4  
Z1 = 2892.55 cm.3  
Z2 = 4284.07 cm.3  
Z3 = 3325.65 cm.3  
W = 135.17 kg./m

### FORMULAS AUXILIARES

C = 28.42 cm.  
F = 31.27 cm.  
X^ = 59.70 cm.  
Y^ = 12.33 cm.  
AT = 323.61 cm.2  
C1 = 18.94 cm.  
C2 = 59.70 cm.  
A1 = 171.97 cm.2

**CALCULO DE PROPIEDADES DE UN  
CANAL SOLDADA A UNA PLACA**

**CALCULO DEL ESF. EN EL PANEL DE LA PARED (S) Y  
DEL MODULO DE SECC. REQ. P/REFORZARLA (Zreq)**

Datos del Panel Mayor

Ancho panel = 674 mm  
Largo panel = 4050 mm

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES  
Calculo del factor de ajuste **AJ** en +1% por cada 10 in. arriba de 100 in. de largo de refuerzo

**AJ = 1.059**

A = L = 159.45 in. (Largo del Panel)  
B = 26.54 in. (Ancho del Panel)  
P = 15 PSI (Presión interna máxima)  
t = 0.50 in. (Espesor de la pared a reforzar)  
N = 47.01 in. (Ancho a cubrir con el refuerzo N=G+H)  
K = 0.000045 (CTE.)  
Syp = 36000 PSI

$$S = \frac{0.25 P \cdot A^2 \cdot B^2}{t^2 \cdot (A^2 + B^2)} \quad S = 10277 \text{ PSI} \quad \text{OK}$$

Calculo del factor de seguridad en panel mayor de pared del segmento No.1 y 3 →  $f.s. = Syp / S \quad f.s. = 3.50 \quad \text{OK}$

$$Zreq = K \cdot N \cdot L^2 \cdot AJ \quad Zreq = 56.98 \text{ in.}^3 \quad \text{OK}$$

$$Zreq = 933.70 \text{ cm.}^3$$

Calculo de factor de seguridad en la secc. de los ref's. del segmento No.1 y 3 →  $f.s. = Z1 / Zreq \quad f.s. = 3.10 \quad \text{OK}$

Elaboro: G.Nieto

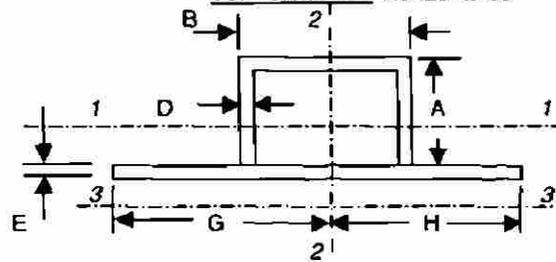
Verifico: \_\_\_\_\_

**DATOS DE ENTRADA:**

A = 15.5 cm.  
 B = 23.0 cm.  
 D = 0.952 cm.  
 E = 0.952 cm.  
 G = 53.5 cm.  
 H = 53.5 cm.

peso unit.ref' s. = 86 kgs.  
 peso tot.ref' s. = 258 kgs.

Orden: DISEÑO2 Calculos de la paredes de los Segmentos 2 y 4 con refuerzos: Horizontales



No. refuerzos = 3  
 Ancho o alto tanque = 4050 mm  
 Peso pared = 694 Kg  
 Peso pared con ref' s. = 952 Kg

**DATOS DE SALIDA:**

I1 = 5395.27 cm.4  
 I2 = 101520.35 cm.4  
 I3 = 7983.87 cm.4  
 Z1 = 438.00 cm.³  
 Z2 = 1897.58 cm.³  
 Z3 = 485.28 cm.³  
 W = 38.98 kg./m

**FORMULAS AUXILIARES**

C = 14.55 cm.  
 F = 16.45 cm.  
 X^ = 53.50 cm.  
 Y^ = 4.13 cm.  
 AT = 151.46 cm.²  
 C1 = 12.32 cm.  
 C2 = 53.50 cm.  
 A1 = 49.60 cm.²

**CALCULO DE PROPIEDADES DE UN CANAL SOLDADA A UNA PLACA**  
**CALCULO DEL ESF. EN EL PANEL DE LA PARED ( S ) Y DEL MODULO DE SECC. REQ. P/REFORZARLA ( Zreq)**

Datos del Panel Mayor

Ancho panel = 840 mm  
 Largo panel = 2290 mm

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN CENTRAL DE BIBLIOTECAS

Calculo del factor de ajuste AJ en +1% por cada 10 in. de largo de refuerzo  
**AJ = 1.000**

A = L = 90.16 in. ( Largo del Panel )  
 B = 33.07 in. ( Ancho del Panel )  
 P = 15 PSI ( Presión interna máxima )  
 t = 0.37 in. ( Espesor de la pared a reforzar )  
 N = 42.13 in. ( Ancho a cubrir con el refuerzo N=G+H )  
 K = 0.000045 ( CTE. )  
 Syp = 36000 PSI

$S = \frac{0.25 P \cdot A^2 \cdot B^2}{t^2 \cdot (A^2 + B^2)}$       S = 25733 PSI      OK

Calculo del factor de seguridad en panel mayor de pared del segmento No.2 y 4 → f.s. = Syp / S      f.s. = 1.40 NO CUMPLE

$$Z_{req} = K * N * L^2 * A_J \quad \begin{array}{l} Z_{req} = 15.41 \text{ in.}^3 \\ Z_{req} = 252.50 \text{ cm.}^3 \end{array}$$

OK

Calculo de factor de seguridad en la  
secc. de los ref's. del segmento No.2 y 4

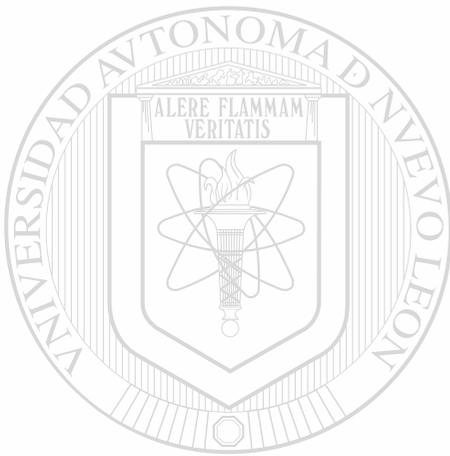
$$\rightarrow \text{f.s.} = Z_1 / Z_{req}$$

$$\text{f.s.} = 1.73$$

OK

Elaboro: G.Nieto

Verifico: \_\_\_\_\_



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

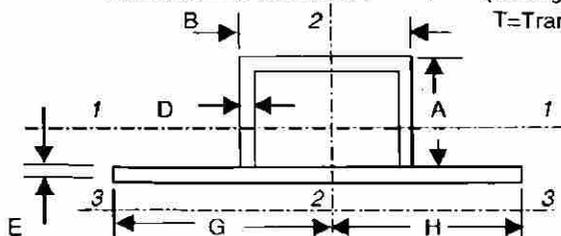
**DATOS DE ENTRADA:**

A = 15.2 cm.  
 B = 30.0 cm.  
 D = 1.90 cm.  
 E = 1.58 cm.  
 G = 59.5 cm.  
 H = 59.5 cm.

peso unit.ref. = 181 kgs.  
 peso tot.ref's. = 722 kgs.

Orden: DISEÑO2 **Calculos de Tapa del Tanque**  
**con refuerzos: Transversales**

Alineación de refuerzos? T (L=Longitudinales:  
 T=Transversales)



No. refuerzos = 4  
 Largo tanque = 5450 mm. Ancho tanque = 2290  
 Peso pared = 1550 Kg  
 Peso pared con ref's. = 2272 Kg

**DATOS DE SALIDA:**

I1 = 11346.08 cm.4  
 I2 = 236146.19 cm.4  
 I3 = 18625.39 cm.4  
 Z1 = 960.13 cm.<sup>3</sup>  
 Z2 = 3968.84 cm.<sup>3</sup>  
 Z3 = 1109.98 cm.<sup>3</sup>  
 W = 84.53 kg./m

**FORMULAS AUXILIARES**

C = 13.30 cm.  
 F = 16.78 cm.  
 X<sup>^</sup> = 59.50 cm.  
 Y<sup>^</sup> = 4.96 cm.  
 AT = 295.56 cm.<sup>2</sup>  
 C1 = 11.82 cm.  
 C2 = 59.5 cm.  
 A1 = 107.54 cm.<sup>2</sup>

**CALCULO DE PROPIEDADES DE UN  
 CANAL SOLDADA A UNA PLACA**  
**CALCULO DEL ESF. EN EL PANEL DE LA TAPA ( S ) Y  
 DEL MÓDULO DE SECC. REQ. P/REFORZARLA ( Zreq )**

Datos de panel, confirmados de dib, dist.  
 de Tapa considerando: ref's., boq's., etc.

Ancho panel = 890 mm. ← 850 mm.  
 Largo panel = 2290 mm. ← 2290 mm.

Repartidos simétricamente serían:

Transversalmente

Calculo del factor de ajuste AJ en +1% por  
 cada 10 in. arriba de 100 in. de largo de refuerzo  
 AJ = 1.000

A = L = 90.16 in. ( Largo del Panel )  
 B = 33.46 in. ( Ancho del Panel )  
 P = 15 PSI ( Presión interna máxima )  
 t = 0.62 in. ( Espesor de la pared a reforzar )  
 N = 119.00 in. ( Ancho a cubrir con el refuerzo N=G+H )  
 K = 0.000045 ( CTE. )  
 Syp = 36000 PSI

$$S = \frac{0.25 P \cdot A^2 \cdot B^2}{t^2 \cdot (A^2 + B^2)} \quad S = \underline{9539 \text{ PSI}} \quad \text{OK}$$

Calculo del factor de seguridad en panel mayor de la tapa superior → f.s. =  $Syp / S$   $f.s. = \underline{3.77}$  OK

$$Zreq = K \cdot N \cdot L^2 \cdot AJ \quad Zreq = \underline{43.53 \text{ in.}^3}$$

$$Zreq = \underline{713.29 \text{ cm.}^3} \quad \text{OK}$$

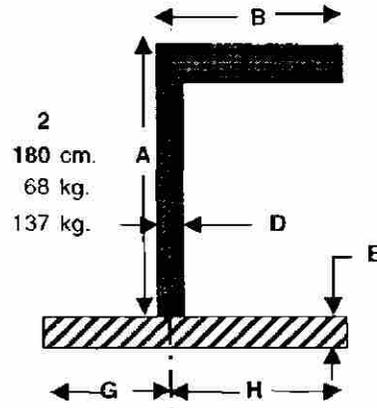
Calculo de factor de seguridad en la secc. de los ref's. de la tapa → f.s. =  $Z1 / Zreq$   $f.s. = \underline{1.56}$  OK

Elaboro: G.Nieto

Verifico: \_\_\_\_\_

**DATOS DE ENTRADA:**Orden: DISEÑO2 **Calculos de Refuerzos extras de la Tapa con angulo estructural o solera ( B=D ).**

A = 20.3 cm.  
 B = 20.3 cm.  
 D = 1.27 cm. No. refuerzos =  
 E = 1.58 cm. Largo refuerzos =  
 G = 60.00 cm. peso unit.ref. =  
 H = 80.00 cm. peso total ref. =

**DATOS DE SALIDA:**

I1 = 11909.1 cm.4  
 I2 = 364366.5 cm.4  
 I3 = 15528.2 cm.4  
 Z1 = 653.4 cm.3  
 Z2 = 5136.4 cm.3  
 Z3 = 709.7 cm.3  
 W = 213.1 kg/m

**FORMULAS AUXILIARES**

C = 19.0 cm.  
 X^ = 69.1 cm.  
 Y^ = 3.7 cm.  
 AT = 271.1 cm.2  
 C1 = 18.2 cm.  
 C2 = 70.9 cm.

**CALCULO DE PROPIEDADES DE UN ANGULO SOLDADO A UNA PLACA****CALCULO DEL ESF. EN EL PANEL DE LA TAPA ( S ) Y DEL MODULO DE SECC. REQ. P/REFORZARLA ( Zreq )**

A = L = 60.00 in. ( Largo del Panel )  
 B = 50.00 in. ( Ancho del Panel )  
 P = 15 PSI ( Presión interna máxima )  
 t = 1.58 in. ( Espesor de la pared a reforzar )  
 N = 140.00 in. ( Ancho a cubrir con el refuerzo N=G+H )  
 K = 0.000045 ( CTE. )  
 Syp = 36000 PSI

Calculo del factor de ajuste AJ en +1% por cada 10 in, arriba de 100 in, de lgo.refuerzo

AJ = 1.000

$$S = \frac{0.25 P \cdot A^2 \cdot B^2}{t^2 \cdot (A^2 + B^2)} \quad S = 2216 \text{ PSI} \quad \text{OK}$$

Calculo del factor de seguridad en panel mayor de la tapa superior  $\rightarrow$  f.s. =  $S_{yp} / S$  f.s. = 16.24 OK

$$Z_{req} = K \cdot N \cdot L^2 \cdot AJ \quad Z_{req} = 22.68 \text{ in.}^3$$

$$Z_{req} = 371.66 \text{ cm.}^3 \quad \text{OK}$$

Calculo de factor de seguridad en la secc. de los ref's.de la tapa  $\rightarrow$  f.s. =  $Z1 / Z_{req}$  f.s. = 1.91 OK

Elaboro: G.Nieto

Verifico: \_\_\_\_\_

## 6.2.1 Formulario para el Calculo de paredes. Tapa y sus refuerzos

A	Dato a ser alimentado por el diseñador.
A	Dato calculado por función matemática o lógica y que se emplea o refiere en otra hoja.
A	Dato calculado por formula matemática o lógica.

### Calculos de los segmentos No.1 y No.3:

#### DATOS DE ENTRADA Proceso / Formula:

Orden: De la hoja de Datos generales toma la descripción del número de la orden.

$$=+MAYUSC('Datos grales'!C2)$$

...con refuerzos: De la hoja de Datos generales toma la forma de colocación de los refuerzos de los segmentos No.1 y No.3

$$=SI('Datos grales'!I6="S","verticales",SI('Datos grales'!I6="N","Horizontales","No especifica"))$$

G= 1/2 panel a cubrir por el refuerzo (G) = Ancho del panel / 10 / 2 + B / 2.

$$=F32/10/2+B7/2$$

H= 1/2 panel a cubrir por el refuerzo (H) = G.

$$=B10$$

peso unit.ref. = Calcula el desarrollo del refuerzo , multiplica por el espesor, el largo del panel y el peso específico.

$$=(2*B6+B7-4*B8)*B8*F34/10*0.00786$$

peso tot.ref.s. = Calcula el peso total de los refuerzos, multiplicando la cantidad de refuerzos por el peso unitario.

$$=B13*G13$$

Largo o alto del tanque = Si de la hoja de Datos generales indica que lleva ref.s. verticales toma el valor del largo interior del tanque. si no toma la altura interior del tanque.

$$=SI('Datos grales'!I6="S",'Datos grales'!C6,SI('Datos grales'!I6="N",'Datos grales'!C8,$$

"No especifica"))

Peso pared = Calcula el peso de la pared multiplicando el largo ó alto tanque por el largo del panel, el espesor y el peso específico.

$$=G14/10*B9*F34/10*0.00786$$

Peso pared con ref. = Calcula el peso total de las paredes ya con los refuerzos sumariandolos.

$$=B14+G15$$

#### DATOS DE SALIDA Proceso / Formula:

I1 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto a eje neutro horizontal 1-1,  $I_1 = ((G+H)*E^3+D*(2*C^3+B*D^2))/12+E*(G+H)*(E/2-Y)^2+2*D*C*(E+C/2-Y)^2+B*D*(F-D/2-Y)^2$ .

$$=((B10+B11)*B9^3+B8*(2*G21^3+B7*B8^2))/12+B9*(B10+B11)*(B9/2-G24)^2+2*B8*G21*(B9+G21/2-G24)^2+B7*B8*(G22-B8/2-G24)^2$$

I2 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto al eje neutro vertical 2-2,  $I_2 = ((G+H)^3*E+2*C*D^3+D*B^3)/12+E*(G+H)*((G+H)/2-X)^2+D*C*((2*G+B+D)/2-X)^2+D*C*((2*G+B-D)/2-X)^2+B*D*(G-X)^2$ .

$$=((B10+B11)^3*B9+2*G21*B8^3+B8*B7^3)/12+B9*(B10+B11)*((B10+B11)/2-G23)^2+B8*G21*((2*B10-B7+B8)/2-G23)^2+B8*G21*((2*B10+B7-B8)/2-G23)^2+B7*B8*(B10-G23)^2$$

I3 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto al eje horizontal 3-3,  $I_3 = I_1+AT*Y^2$ .

$$=C18+G25*G24^2$$

Z1 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje neutro horizontal 1-1,  $Z_1 = I_1/MAX(Y^2,C1)$ .

$$=C18/MAX(G24,G26)$$

Z2 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje neutro vertical 2-2.

$$Z2 = I2/\text{MAX}(X^\wedge, C2) \\ = C19/\text{MAX}(G23, G27)$$

Z3 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje horizontal 3-3.

$$Z3 = I3/(E+C+D) \\ = C20/(B9+G21+B8)$$

W = Calcula el peso lineal de la canal de refuerzo unitario por metro  $W = 0.786 \cdot A1$ .

$$= 0.786 \cdot G28$$

#### **FORMULAS AUXILIARES**      Proceso / Formula:

C = Calcula el interior del patín de la canal,  $C = A+D$ .

$$= B6 - B8$$

F = Calcula la altura del patin de la canal, incluyendo el espesor de la placa,  $F = A+E$ .

$$= B6 + B9$$

X<sup>^</sup> = Calcula la distancia vertical entre eje neutro 1-1 y eje 3-3,

$$X^\wedge = ((G+H)^2 \cdot E/2 + 2 \cdot G \cdot C \cdot D + B \cdot D \cdot G) / ((G+H) \cdot E + D \cdot (2 \cdot C + B))$$

$$= ((B10+B11)^2 \cdot B9/2 + 2 \cdot B10 \cdot G21 \cdot B8 + B7 \cdot B8 \cdot B10) / ((B10+B11) \cdot B9 + B8 \cdot (2 \cdot G21 + B7))$$

Y<sup>^</sup> = Calcula la distancia vertical al eje neutro 2-2,

$$Y^\wedge = ((G+H)/2 \cdot E^2 + C \cdot D \cdot (2 \cdot E + C) + B \cdot D \cdot (F - D/2)) / ((G+H) \cdot E + D \cdot (2 \cdot C + B))$$

$$= ((B10+B11)/2 \cdot B9^2 + G21 \cdot B8 \cdot (2 \cdot B9 + G21) + B7 \cdot B8 \cdot (G22 - B8/2)) / ((B10+B11) \cdot B9 + B8 \cdot (2 \cdot G21 + B7))$$

AT = Calcula el área transversal total de la canal y la placa  $AT = D \cdot (2 \cdot C + B1) + E \cdot (G+H)$ .

$$= B8 \cdot (2 \cdot G21 + B7) + B9 \cdot (B10 + B11)$$

C1 = Calcula la distancia vertical entre eje neutro 1-1 y el extremo superior de la canal

$$C1 = E + C + D - Y^\wedge$$

$$= B9 + G21 + B8 - G24$$

C2 = Calcula la distancia horizontal entre eje neutro 1-1 y el extremo de la placa  $C2 = G+H - X^\wedge$ .

$$= B10 + B11 - G23$$

A1 = Calcula el área interior de la sección de la canal,  $A1 = D \cdot (2 \cdot C + B1)$ .

$$= B8 \cdot (2 \cdot G21 + B7)$$

#### **ESF. Y MODULO REQ.**      Proceso / Formula:

Ancho panel = Calcula el ancho del panel dependiendo si lleva refuerzos verticales, toma el largo del tanque o si lleva refuerzos horizontales, toma el alto del tanque, en ambos casos

resta el espacio cubierto por los refuerzos y el resultado lo divide entre el número de paneles iguales (número de refuerzos+1).

$$= \text{SI}(\text{"Datos grales"}!I6 = \text{"N"}, (\text{"Datos grales"}!C8 - (\text{Refuerzos!G13} \cdot \text{Refuerzos!B7} \cdot 10) / (\text{G13} + 1), \text{SI}(\text{"Datos grales"}!I6 = \text{"S"}, (\text{"Datos grales"}!C6 - (\text{Refuerzos!G13} \cdot \text{Refuerzos!B7} \cdot 10) / (\text{Refuerzos!G13} + 1)))$$

Largo panel = Calcula el largo del panel dependiendo si lleva refuerzos verticales, toma la altura del tanque o si los lleva horizontales, toma el largo del tanque.

$$= \text{SI}(\text{"Datos grales"}!I6 = \text{"S"}, \text{Datos grales"}!C8, \text{SI}(\text{"Datos grales"}!I6 = \text{"N"}, \text{Datos grales"}!C6, \text{"No Especifica"}))$$

A = L = Convierte el valor del largo del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm. a in.

$$= F34/25.4$$

B = Convierte el valor del ancho del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm. a in.

$$= F32/25.4$$

t = Convierte el valor del espesor del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm. a in.

$$= +B9/2.54$$

N = Calcula el ancho de pared a ser reforzada por la canal y convierte de cm. a in.

$$= (B10+B11)/2.54$$

AJ = Calculo del factor de ajuste en +1% por cada 10 in, arriba de 100 in, de largo de refuerzo

$$= \text{SI}(B39 < 100, 1, (1 + ((B39 - 100)/1000)))$$

**S** = Calcula el esfuerzo al que se somete la pared por la acción de la presión interior P  
 $=0.25*B41*B39^2*B40^2/(B42^2*(B39^2+B40^2))$

← Compara el valor de esfuerzo al que se somete la pared del tanque ( S ) contra el valor del esfuerzo mínimo aparente elástico ( Syp ) alimentado para el tipo de acero con que se construirá la misma, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$=+SI(H46>B45," NO CUMPLE","OK")$

**f.s.** = Calcula del factor de seguridad en panel mayor de pared del segmento por si se desea ajustar algún parámetro de entrada.

$=B45/H46$

← Compara el valor del factor de seguridad contra un mínimo establecido de 1.5, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$=+SI(H49<1.5," NO CUMPLE","OK")$

**Zreq** = Calcula el modulo de sección requerido por la canal para reforzar la pared del tanque, v es convertido de in.<sup>3</sup> a cm.<sup>3</sup>

$=B44*B43*B39^2*H38$

← Compara el valor del modulo de sección previamente calculado para la canal ( Z1 ) contra el valor del modulo de sección requerido ( Zreq ), desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$=+SI(C21>H52," OK","NO CUMPLE")$

**f.s.** = Calcula del factor de seguridad de la sección del refuerzo por si se desea ajustar algún parámetro de entrada.

$=C21/H52$

← Compara el valor del factor de seguridad contra un mínimo establecido de 1.5, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$=+SI(H54<1.5," NO CUMPLE"," OK")$

Elabora: De la hoja de Datos generales toma el nombre del diseñador que ejecuta el programa.

$=+'Datos grales'!C3$

#### **Calculos de los segmentos No.2 y No.4:**

**DATOS DE ENTRADA      Proceso / Formula:**

Orden: De la hoja de Datos generales toma la descripción del número de la orden.

$=+MAYUSC('Datos grales'!C2)$

...con refuerzos: De la hoja de Datos generales toma la forma de colocación de los refuerzos de los segmentos No.2 y No.4

$=SI('Datos grales'!I7="S","verticales",SI('Datos grales'!I7="N","Horizontales","No especifica"))$

**G** = 1/2 panel a cubrir por el refuerzo (G) = Ancho del panel / 10 / 2 + B / 2.

$=F100/10/2+B75/2$

**H** = 1/2 panel a cubrir por el refuerzo (H) = G.

$=B78$

peso unit.ref. = Calcula el desarrollo del refuerzo , multiplica por el espesor, el largo del panel y el peso específico.

$=(2*B74+B75-4*B76)*B76*F102/10*0.00786$

peso tot.ref's. = Calcula el peso total de los refuerzos, multiplicando la cantidad de refuerzos por el peso unitario.

$=B81*G81$

Ancho o alto del tanque = Si de la hoja de Datos generales indica que lleva ref's. verticales toma el valor del ancho interior del tanque, si no toma la altura interior del tanque.

$=SI('Datos grales'!I7="S",'Datos grales'!C7,SI('Datos grales'!I7="N",'Datos grales'!C8,"No especifica"))$

Peso pared = Calcula el peso de la pared multiplicando el largo ó alto tanque por el largo del panel, el espesor v el peso específico.

$=G82/10*B77*F102/10*0.00786$

Peso pared = Calcula el peso total de las paredes ya con los refuerzos sumandolos.  
con ref.

$$=(B81 \cdot G81) + G83$$

**DATOS DE SALIDA**      **Proceso / Formula:**

I1 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto eje neutro horizontal 1-1,  $I1 = ((G+H) \cdot E^3 + D \cdot (2 \cdot C^3 + B \cdot D^2)) / 12 + E \cdot (G+H) \cdot (E/2 - Y^{\wedge})^2 + 2 \cdot D \cdot C \cdot (E+C/2 - Y^{\wedge})^2 + B \cdot D \cdot (F-D/2 - Y^{\wedge})^2$ .

$$=((B78+B79) \cdot B77^3 + B76 \cdot (2 \cdot G89^3 + B75 \cdot B76^2)) / 12 + B77 \cdot (B78+B79) \cdot (B77/2 - G92)^2 + 2 \cdot B76 \cdot G89 \cdot (B77 + G89/2 - G92)^2 + B75 \cdot B76 \cdot (G90 - B76/2 - G92)^2$$

I2 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto al eje neutro vertical 2-2,  $I2 = ((G+H) \cdot A^3 \cdot E + 2 \cdot C \cdot D^3 + D \cdot B^3) / 12 + E \cdot (G+H) \cdot ((G+H)/2 - X^{\wedge})^2 + D \cdot C \cdot ((2 \cdot G+B+D)/2 - X^{\wedge})^2 + B \cdot D \cdot (G-X^{\wedge})^2$ .

$$=((B78+B79) \cdot A^3 \cdot B77 + 2 \cdot G89 \cdot B76^3 + B76 \cdot B75^3) / 12 + B77 \cdot (B78+B79) \cdot ((B78+B79)/2 - G91)^2 + B76 \cdot G89 \cdot ((2 \cdot B78 - B75 + B76)/2 - G91)^2 + B76 \cdot G89 \cdot ((2 \cdot B78 + B75 - B76)/2 - G91)^2 + B75 \cdot B76 \cdot (B78 - G91)^2$$

I3 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto al eje horizontal 3-3,  $I3 = I1 + A \cdot T \cdot Y^{\wedge 2}$ .

$$=C86 + G93 \cdot G92^2$$

Z1 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje neutro horizontal 1-1,  $Z1 = I1 / \text{MAX}(Y^{\wedge}, C1)$ .

$$=C86 / \text{MAX}(G92, G94)$$

Z2 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje neutro vertical 2-2,

$$Z2 = I2 / \text{MAX}(X^{\wedge}, C2)$$

$$=C87 / \text{MAX}(G91, G95)$$

Z3 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje horizontal 3-3,

$$Z3 = I3 / (E + C + D)$$

$$=C88 / (B77 + G89 + B76)$$

W = Calcula el peso lineal de la canal de refuerzo unitario por metro  $W = 0.786 \cdot A1$ .

$$=0.786 \cdot G96$$

**FORMULAS AUXILIARES**      **Proceso / Formula:**

C = Calcula el interior del patin de la canal,  $C = A + D$ .

$$=B74 - B76$$

F = Calcula la altura del patin de la canal, incluyendo el espesor de la placa,  $F = A + E$ .

$$=B74 + B77$$

X^{\wedge} = Calcula la distancia vertical entre eje neutro 1-1 y eje 3-3,

$$X^{\wedge} = ((G+H) \cdot A^2 \cdot E / 2 + 2 \cdot G \cdot C \cdot D + B \cdot D \cdot G) / ((G+H) \cdot E + D \cdot (2 \cdot C + B))$$

$$=((B78+B79) \cdot A^2 \cdot B77 / 2 + 2 \cdot B78 \cdot G89 \cdot B76 + B75 \cdot B76 \cdot B78) / ((B78+B79) \cdot B77 + B76 \cdot (2 \cdot G89 + B75))$$

Y^{\wedge} = Calcula la distancia vertical al eje neutro 2-2,

$$Y^{\wedge} = ((G+H) / 2 \cdot E^2 + C \cdot D \cdot (2 \cdot E + C) + B \cdot D \cdot (F - D / 2)) / ((G+H) \cdot E + D \cdot (2 \cdot C + B))$$

$$=((B78+B79) / 2 \cdot B77^2 + G89 \cdot B76 \cdot (2 \cdot B77 + G89) + B75 \cdot B76 \cdot (G90 - B76 / 2)) / ((B78+B79) \cdot B77 + B76 \cdot (2 \cdot G89 + B75))$$

AT = Calcula el área transversal total de la canal y la placa  $AT = D \cdot (2 \cdot C + B1) + E \cdot (G + H)$ .

$$=B76 \cdot (2 \cdot G89 + B75) + B77 \cdot (B78 + B79)$$

C1 = Calcula la distancia vertical entre eje neutro 1-1 y el extremo superior de la canal.

$$C1 = E + C + D - Y^{\wedge}$$

$$=B77 + G89 + B76 - G92$$

C2 = Calcula la distancia horizontal entre eje neutro 1-1 y el extremo de la placa  $C2 = G + H - X^{\wedge}$ .

$$=B78 + B79 - G91$$

A1 = Calcula el área interior de la sección de la canal,  $A1 = D \cdot (2 \cdot C + B1)$ .

$$=B76 \cdot (2 \cdot G89 + B75)$$

**ESF. Y MODULO REQ. Proceso / Formula:**

**Ancho panel** = Calcula el ancho del panel dependiendo si lleva refuerzos verticales, toma el ancho del tanque o si lleva refuerzos horizontales, toma el alto del tanque, en ambos casos resta el espacio cubierto por los refuerzos y el resultado lo divide entre el número de paneles iguales (número de refuerzos+1).

$$=+SI('Datos\grales'!I7="N",('Datos\grales'!C8-(Refuerzos!G81*Refuerzos!B75*10))/(G81+1),SI('Datos\grales'!I7="S",('Datos\grales'!C7-(Refuerzos!G81*Refuerzos!B75*10))/(Refuerzos!G81+1)))$$

**Largo panel**= Calcula el largo del panel dependiendo si lleva refuerzos verticales, toma la altura del tanque o si los lleva horizontales, toma el ancho del tanque.

$$=SI('Datos\grales'!I7="S",'Datos\grales'!C8.SI('Datos\grales'!I7="N",'Datos\grales'!C7,"No Especifica"))$$

**A = L** = Convierte el valor del largo del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm. a in.  
=F102/25.4

**B** = Convierte el valor del ancho del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm. a in.  
=F100/25.4

**t** = Convierte el valor del espesor del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm. a in.  
=+B77/2.54

**P** = Toma el valor de la presión de trabajo.  
=B41

**N** = Calcula el ancho de pared a ser reforzada por la canal y lo convierte de cm a in.  
=(B78+B79)/2.54

**AJ** = Calculo del factor de ajuste en +1% por cada 10 in, arriba de 100 in, de largo de refuerzo  
=SI(B107<100,1,(1+((B107-100)/1000)))

**S** = Calcula el esfuerzo al que se somete la pared por la acción de la presión interior P  
=0.25\*B109\*B107^2\*B108^2/(B110^2\*(B107^2+B108^2))

← Compara el valor de esfuerzo al que se somete la pared del tanque ( S ) contra el valor del esfuerzo mínimo aparente elástico ( Syp ) alimentado para el tipo de acero con que se construirá la misma, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$$=+SI(H114>B113," NO CUMPLE","OK")$$

**f.s.** = Calcula del factor de seguridad en panel mayor de pared del segmento por si se desea ajustar algún parámetro de entrada.  
=B113/H114

← Compara el valor del factor de seguridad contra un mínimo establecido de 1.5, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$$=+SI(H117<1.5," NO CUMPLE","OK")$$

**Zreq** = Calcula el modulo de sección requerido por la canal para reforzar la pared del tanque, y es convertido de in.<sup>3</sup> a cm.<sup>3</sup>

$$=B112*B111*B107^2$$

← Compara el valor del modulo de sección previamente calculado para la canal ( Z1 ) contra el valor del modulo de sección requerido ( Zreq ), desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$$=+SI(C89>H120," OK","NO CUMPLE")$$

**f.s.** = Calcula del factor de seguridad de la sección del refuerzo por si se desea ajustar algún parámetro de entrada.  
=C89/H120

← Compara el valor del factor de seguridad contra un mínimo establecido de 1.5, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$$=+SI(H122<1.5," NO CUMPLE"," OK")$$

**Elaboro:** De la hoja de Datos generales toma el nombre del diseñador que ejecuta el programa.

$$=+'Datos\grales'!C3$$

**Calculos de la tapa del tanque:****DATOS DE ENTRADA      Proceso / Formula:**

	Orden: De la hoja de Datos generales toma la descripción del número de la orden. =+MAYUSC('Datos grales'!C2)
Alineación de ref's. ?	De la hoja de Datos generales toma la alineación de los refuerzos de la tapa, con la letra "L" despliega la leyenda:"Longitudinales", o marcando la letra "T" despliega la leyenda:"Transversales", o bien despliega la leyenda "No especifica alineacion de refuerzos". =SI(Refuerzos!G129="L";"Longitudinales";SI(Refuerzos!G129="T";"Transversales"; "No especifica alineación de refuerzos")) E= De la hoja de Datos generales toma el valor del espesor para la tapa y conviértelo a cms.. ='Datos grales'!C32/10 G= 1/2 panel a cubrir por el refuerzo (G) = Ancho del panel / 10 / 2 + B / 2. =F157/10/2+B132/2 H= 1/2 panel a cubrir por el refuerzo (H) = G. =B135 peso unit.ref = Calcula el desarrollo del refuerzo , multiplica por el espesor, el largo del panel y el peso específico. =(2*B131+B132-4*B133)*B133*F159/10*0.0000786*1000 peso tot.ref's.= Calcula el peso total de los refuerzos, multiplicando la cantidad de refuerzos por el peso unitario. =B138*G138 Largo tanque = De la hoja de Datos generales toma el valor del largo interior del tanque. =+'Datos grales'!C6 Ancho tanque = De la hoja de Datos generales toma el valor del ancho interior del tanque. =+'Datos grales'!C7 Peso pared = Calcula el peso de la pared multiplicando el largo del tanque por el largo del panel, el espesor y el peso específico. =G139/10*B134*F159/10*0.00786 Peso pared con ref. = Calcula el peso total de las paredes ya con los refuerzos sumariandolos. =(B138*G138)+G140

**DATOS DE SALIDA      Proceso / Formula:**

- I1 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto a eje neutro horizontal 1-1,  $I_1 = ((G+H)*E^3+D*(2*C^3+B*D^2))/12+E*(G+H)*(E/2-Y)^2+2*D*C*(E+C/2-Y)^2+B*D*(F-D/2-Y)^2$ .  
=((B135+B136)\*B134^3+B133\*(2\*G146^3+B132\*B133^2))/12+B134\*(B135+B136)\*(B134/2-G149)^2+2\*B133\*G146\*(B134+G146/2-G149)^2+B132\*B133\*(G147-B133/2-G149)^2
- I2 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto al eje neutro vertical 2-2,  $I_2 = ((G+H)^3*E+2*C*D^3+D*B^3)/12+E*(G+H)*((G+H)/2-X)^2+D*C*((2*G-B+D)/2-X)^2+D*C*((2*G+B-D)/2-X)^2+B*D*(G-X)^2$ .  
=((B135+B136)^3\*B134+2\*G146\*B133^3+B133\*B132^3)/12+B134\*(B135+B136)\*((B135+B136)/2-G148)^2+B133\*G146\*((2\*B135-B132+B133)/2-G148)^2+B133\*G146\*((2\*B135+B132-B133)/2-G148)^2+B132\*B133\*(B135-G148)^2
- I3 = Calcula el momento polar de inercia de la canal y placa respecto al eje horizontal 3-3,  $I_3 = I_1+AT*Y^2$ .  
=C143+G150\*G149^2
- Z1 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje neutro horizontal 1-1,  $Z_1 = I_1/MAX(Y^3,C1)$ .  
=C143/MAX(G149,G151)
- Z2 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje neutro vertical 2-2.  
 $Z_2 = I_2/MAX(X^3,C2)$ .  
=C144/MAX(G148,G152)

Z3 = Calcula el modulo de sección de la canal y placa respecto al eje horizontal 3-3.

$$Z3 = I3/(E+C+D) \\ = C145/(B134+G146+B133)$$

W = Calcula el peso lineal de la canal de refuerzo unitario por metro W = 0.786\*A1.

$$= 0.786*G153$$

#### **FORMULAS AUXILIARES** Proceso / Formula:

C = Calcula el interior del patín de la canal, C = A+D.

$$= B131-B133$$

F = Calcula la altura del patín de la canal, incluyendo el espesor de la placa, F = A+E.

$$= B131+B134$$

X^ = Calcula la distancia vertical entre eje neutro 1-1 y eje 3-3.

$$X^ = \frac{((G+H)^2 * E / 2 + 2 * G * C * D + B * D * G) / ((G+H) * E + D * (2 * C + B))}{((B135 + B136)^2 * B134 / 2 + 2 * B135 * G146 * B133 + B132 * B133 * B135) / ((B135 + B136) * B134 + B133 * (2 * G146 + B132))}$$

Y^ = Calcula la distancia vertical al eje neutro 2-2.

$$Y^ = \frac{((G+H) / 2 * E^2 + C * D * (2 * E + C) + B * D * (F - D / 2)) / ((G+H) * E + D * (2 * C + B))}{((B135 + B136) / 2 * B134^2 + G146 * B133 * (2 * B134 + G146) + B132 * B133 * (G147 - B133 / 2)) / ((B135 + B136) * B134 + B133 * (2 * G146 + B132))}$$

AT = Calcula el área transversal total de la canal y la placa AT = D\*(2\*C+B1)+E\*(G+H).

$$= B133 * (2 * G146 + B132) + B134 * (B135 + B136)$$

C1 = Calcula la distancia vertical entre eje neutro 1-1 y el extremo superior de la canal

$$C1 = E + C + D - Y^ \\ = B134 + G146 + B133 - G149$$

C2 = Calcula la distancia horizontal entre eje neutro 1-1 y el extremo de la placa

$$C2 = G + H - X^ \\ = B135 + B136 - G148$$

A1 = Calcula el área interior de la sección de la canal, A1 = D\*(2\*C+B1).

$$= B133 * (2 * G146 + B132)$$

#### **ESF. Y MODULO REQ.** Proceso / Formula:

Ancho panel = Calcula el ancho del panel, dependiendo si es distribución longitudinal al ancho (simétricamente:) interior del tanque le resta el espacio cubierto por los refuerzos y el resultado lo divide entre el número de paneles iguales (número de refuerzos+1). de ser transversal toma el largo interior del tanque y efectua la misma distribución, sino despliega la leyenda "No especifica alineación de refuerzos"

$$= SI(Refuerzos!G129="L"; J139 - 2 * B132 * 10 - 300; SI(Refuerzos!G129="T"; (G139 - G138 * B132 * 10) / (G138 + 1); "No especifica alineación de refuerzos"))$$

NOTA: Se da la opción de ajustar el valor del ancho del panel por alguna interferencia con los accesorios en la tapa.

Largo panel = Calcula el largo del panel, dependiendo si es distribución longitudinal es igual al largo (simétricamente:) interior del tanque, de ser transversal toma el ancho interior del tanque, sino despliega la leyenda "No especifica alineación de refuerzos"

$$= SI(Refuerzos!G129="L"; G139; SI(Refuerzos!G129="T"; J139; "No especifica alineación de refuerzos"))$$

NOTA: Se da la opción de ajustar el valor del largo del panel por alguna interferencia con los accesorios en la tapa.

A = L = Convierte el valor del largo del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm, a in.

$$= F159 / 25.4$$

B = Convierte el valor del ancho del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm, a in.

$$= H157 / 25.4$$

P = Toma el valor de la presión de trabajo.

$$= B109$$

t = Convierte el valor del espesor del panel de la pared a calcular su esfuerzo de mm, a in.

$$= +B134 / 2.54$$

- N** = Calcula el ancho de la pared a ser reforzado por la canal de refuerzo y lo convierte de cm. a in.  
 =B135+B136
- AJ** = Calculo del factor de ajuste en +1% por cada 10 in, arriba de 100 in, de largo de refuerzo  
 =SI(B164<100,1,(1+((B164-100)/1000)))
- S** = Calcula el esfuerzo al que se somete la pared por la acción de la presión interior P  
 =0.25\*B166\*B164^2\*B165^2/(B167^2\*(B164^2+B165^2))
- ← Compara el valor de esfuerzo al que se somete la pared del tanque ( S ) contra el valor del esfuerzo mínimo aparente elástico ( Syp ) alimentado para el tipo de acero con que se construirá la misma, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"
- =+SI(H171>B113," NO CUMPLE","OK")
- f.s.** = Calcula del factor de seguridad en panel mayor de pared del segmento por si se desea ajustar algún parámetro de entrada.  
 =B170/H171
- ← Compara el valor del factor de seguridad contra un mínimo establecido de 1.5, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"
- =+SI(H174<1.5," NO CUMPLE","OK")
- Zreq** = Calcula el modulo de sección requerido por la canal para reforzar la pared del tanque, y es convertido de in.<sup>3</sup> a cm.<sup>3</sup>  
 =B169\*B168\*B164^2\*H163
- ← Compara el valor del modulo de sección previamente calculado para la canal ( Z1 ) contra el valor del modulo de sección requerido ( Zreq ), desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"
- =+SI(C146>H177," OK","NO CUMPLE")
- f.s.** = Calcula del factor de seguridad de la sección del refuerzo por si se desea ajustar algún parámetro de entrada.  
 =C148/H177
- ← Compara el valor del factor de seguridad contra un mínimo establecido de 1.5, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"
- =+SI(H179<1.5," NO CUMPLE"," OK")

Elaboro: De la hoja de Datos generales toma el nombre del diseñador que ejecuta el programa.

=+Datos grales!C3

### Calculos de refuerzos extras en tapa con ángulo estructural o solera ( B=D)

#### DATOS DE ENTRADA      Proceso / Formula:

Orden: De la hoja de Datos generales toma la descripción del número de la orden.

=+MAYUSC('Datos grales!C2)

E= De la hoja de Datos generales toma el valor del espesor para la tapa y conviértelo a cm..

=+'Datos grales!C32/10

peso unit.ref = Calcula el desarrollo del ángulo, multiplica por el espesor, el largo del panel y el peso específico.

=(B189+B190-2\*B191)\*B191/100\*E192/10\*7.86

peso tot.ref's.= Calcula el peso total de los refuerzos, multiplicando la cantidad de refuerzos por el peso unitario.

=E193\*E191

**DATOS DE SALIDA**      **Proceso / Formula:**

- I1 = Calcula el momento polar del ángulo y placa respecto al eje neutro horizontal,  

$$I1 = ((G+H)^2 E^3 + D^3 C^3 + B^3 D^3) / 12 + (G+H)^2 E^2 (E/2 - Y^{\wedge})^2 + D^3 C^2 (E + C/2 - Y^{\wedge})^2 + B^3 D^2 (E + C + D/2 - Y^{\wedge})^2$$

$$= ((B193 + B194)^2 B192^3 + B191^2 G203^3 + B190^2 B191^3) / 12 + (B193 + B194)^2 B192^2 (B192/2 - G205)^2 + B191^2 G203^2 (B192 + G203/2 - G205)^2 + B190^2 B191^2 (B192 + G203 + B191/2 - G205)^2$$
- I2 = Calcula el momento polar de inercia del ángulo y placa respecto al eje neutro vertical.  

$$I2 = (E^2 (G+H)^3 + C^2 D^3 + D^2 B^3) / 12 + (G+H)^2 E^2 ((G+H)/2 - X^{\wedge})^2 + D^2 C^2 (G - X^{\wedge})^2 + B^2 D^2 (G + B/2 - D/2 - X^{\wedge})^2$$

$$= (E^2 (G+H)^3 + C^2 D^3 + D^2 B^3) / 12 + (G+H)^2 E^2 ((G+H)/2 - X^{\wedge})^2 + D^2 C^2 (G - X^{\wedge})^2 + B^2 D^2 (G + B/2 - D/2 - X^{\wedge})^2$$
- I3 = Calcula el momento polar de inercia del ángulo y placa respecto al eje horizontal 3-3,  $I3 = I1 + AT^2 Y^{\wedge 2}$ .  

$$= C202 + G206^2 G205^2$$
- Z1 = Calcula el modulo de sección del ángulo y placa respecto al eje neutro horizontal 1-1,  $Z1 = I1 / \text{MAXA}(C1, Y^{\wedge})$   

$$= C202 / \text{MAXA}(G207, G205)$$
- Z2 = Calcula el modulo de sección del ángulo y placa respecto al eje neutro vertical 2-2,  

$$Z2 = I2 / \text{MAXA}(C2, X^{\wedge})$$

$$= C203 / \text{MAXA}(G208, G204)$$
- Z3 = Calcula el modulo de sección del ángulo y placa respecto al eje horizontal 3-3,  

$$Z3 = I3 / (E + C + D)$$

$$= C204 / (B192 + G203 + B191)$$
- W = Calcula el peso lineal del ángulo de refuerzo unitario por metro  $W = 0.786^*AT$ .  

$$= 0.786^*G206$$

**FORMULAS AUXILIARES**      **Proceso / Formula:**

- C = Calcula la altura interior del ángulo,  $C = A - D$ .  

$$= B189 - B191$$
- $X^{\wedge}$  = Calcula la distancia vertical entre eje neutro 1-1 y eje 3-3,  

$$X^{\wedge} = ((G+H)^2 E/2 + C^2 D^2 G + B^2 D^2 (G + B/2 - D/2)) / ((G+H)^2 E + D^2 (C + B))$$

$$= ((B193 + B194)^2 B192/2 + G203^2 B191^2 B193 + B190^2 B191^2 (B193 + B190/2 - B191/2)) / ((B193 + B194)^2 B192 + B191^2 (G203 + B190))$$
- $Y^{\wedge}$  = Calcula la distancia vertical al eje neutro 2-2,  

$$Y^{\wedge} = ((G+H)^2 E^2/2 + C^2 D^2 (E + C/2) + B^2 D^2 (E + C + D/2)) / (E^2 (G+H) + D^2 (C + B))$$

$$= ((B193 + B194)^2 B192^2/2 + G203^2 B191^2 (B192 + G203/2) + B190^2 B191^2 (B192 + G203 + B191/2)) / (B192^2 (B193 + B194) + B191^2 (G203 + B190))$$
- AT = Calcula el área transversal total del ángulo y la placa  $AT = (G+H)^2 E + D^2 (C+B)$   

$$= (B193 + B194)^2 B192 + B191^2 (G203 + B190)$$
- C1 = Calcula la distancia vertical entre eje neutro 1-1 y el extremo superior del ángulo  

$$C1 = E + C + D - Y^{\wedge}$$

$$= B192 + G203 + B191 - G205$$
- C2 = Calcula la distancia horizontal entre eje neutro 1-1 y el extremo del ángulo  

$$C2 = G + H - X^{\wedge}$$

$$= B193 + B194 - G204$$

**ESF. Y MODULO REQ.**      **Proceso / Formula:**

- P = Toma el valor de la presión de trabajo.  

$$= B166$$
- t = Toma el valor del espesor del panel de la pared a calcular su esfuerzo.  

$$= B192$$
- N = Calcula el ancho de la pared a ser reforzado por el ángulo de refuerzo,  $N = G + H$   

$$= B193 + B194$$
- AJ = Calculo del factor de ajuste en +1% por cada 10 in. arriba de 100 in. de largo de refuerzo  

$$= \text{SI}(B216 < 100, 1, (1 + ((B216 - 100) / 1000)))$$

**S** = Calcula el esfuerzo al que se somete la pared por la acción de la presión interior **P**  
 $= 0.25 * B217 * B215^2 * B216^2 / (B218^2 * (B215^2 + B216^2))$

← Compara el valor de esfuerzo al que se somete la pared del tanque ( **S** ) contra el valor del esfuerzo mínimo aparente elástico ( **Syp** ) alimentado para el tipo de acero con que se construirá la misma, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$= +SI(H222 > B221, "NO CUMPLE", "OK")$

**f.s.** = Calcula del factor de seguridad en panel mayor de la tapa por si se desea ajustar algún parámetro de entrada.

$= B221 / H222$

← Compara el valor del factor de seguridad contra un mínimo establecido de 1.5, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$= +SI(H225 < 1.5, "NO CUMPLE", "OK")$

**Zreq** = Calcula el modulo de sección requerido por el ángulo para reforzar la tapa del tanque, y es convertido de in.<sup>3</sup> a cm.<sup>3</sup>

$= B220 * B219 * B215^2 * H217$

← Compara el valor del modulo de sección previamente calculado para la canal ( **Z1** ) contra el valor del modulo de sección requerido ( **Zreq** ), desplegando un mensaje de

"OK" o "NO CUMPLE"

$= +SI(C207 > H228, "OK", "NO CUMPLE")$

**f.s.** = Calcula del factor de seguridad de la sección del refuerzo por si se desea ajustar algún parámetro de entrada.

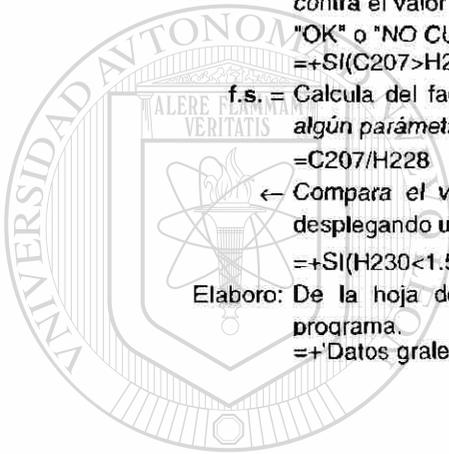
$= C207 / H228$

← Compara el valor del factor de seguridad contra un mínimo establecido de 1.5, desplegando un mensaje de "OK" o "NO CUMPLE"

$= +SI(H230 < 1.5, "NO CUMPLE", "OK")$

Elaboro: De la hoja de Datos generales toma el nombre del diseñador que ejecuta el programa.

$= +Datos\grales!C3$



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 6.3 - CALCULO DE PERNOS GUIA ENTRE CEJA Y TAPA

No.ORDEN: **DISEÑO2**

Paredes Largas (Segmentos No.1 y No.3)

**DATOS DE ENTRADA:**

$$\text{Largo} = 5450 \text{ mm.} = 215 \text{ in.}$$

$$\text{Alto} = 4050 \text{ mm.} = 159 \text{ in.}$$

$$\text{Area} = 34212 \text{ in.}^2$$

$$\text{Area} = 220725 \text{ cm.}^2$$

F = Fuerza interna en la pared

F = Presión \* Area

$$\text{Presión} = 15 \text{ PSI}$$

$$F = 513187 \text{ lb.}$$

$$P = \text{Perímetro} = 2 * \text{Largo} + 2 * \text{Alto} = 748 \text{ in.}$$

$$F_l = \text{Fuerza por unidad de longitud} = F/P = 686 \text{ lb/in.}$$

$$F_C = \text{Fuerza en Ceja} = F_l * \text{Largo} = 147204 \text{ lb.}$$

$$\text{Diámetro del perno} = 1 \text{ in.}$$

$$A_p = \text{Area del perno a corte} = 0.7854 \text{ in.}^2$$

$$\text{Esfuerzo a corte del perno ( T )} = 18000 \text{ PSI}$$

( T= 18,000 PSI para acero ASTM #1045)

$$n_1 = \text{Cant. de pernos por resistencia} = 10$$

$$n_2 = \text{Cant. de pernos por distancia mecanica} = 7$$

$$n = \text{Cantidad de pernos final} = 10$$

ELABORO: G.Nieto 9-may-01 VERIFICO: \_\_\_\_\_

Paredes Cortas (Segmentos No.2 y No.4)

**DATOS DE ENTRADA:**

$$\text{Ancho} = 2290 \text{ mm.} = 90 \text{ in.}$$

$$\text{Alto} = 4050 \text{ mm.} = 159 \text{ in.}$$

$$\text{Area} = 14376 \text{ in.}^2$$

$$\text{Area} = 92745 \text{ cm.}^2$$

F = Fuerza interna en la pared

F = Presión \* Area

$$\text{Presión} = 15 \text{ PSI}$$

$$F = 215633 \text{ lb.}$$

$$P = \text{Perímetro} = 2 * \text{Ancho} + 2 * \text{Alto} = 499 \text{ in.}$$

$$F_l = \text{Fuerza por unidad de longitud} = F/P = 432 \text{ lb/in.}$$

$$F_c = \text{Fuerza en Ceja} = F_l * \text{Ancho} = 38943 \text{ lb.}$$

$$\text{Diámetro del perno} = 1 \text{ in.}$$

$$A_p = \text{Area del perno a corte} = 0.7854 \text{ in.}^2$$

$$\text{Esfuerzo a corte del perno ( T )} = 18000 \text{ PSI}$$

( T= 18,000 PSI p/acero ASTM #1045)

$$n_1 = \text{Cant. de pernos por resistencia} =$$

3
---

$$n_2 = \text{Cant. de pernos por distancia mecanica} =$$

3
---

$$n = \text{Cantidad de pernos final} =$$

3
---

### 6.3 Formulario para el Cálculo de pernos guía entre ceja del tanque y tapa:

- A Dato a ser alimentado por el diseñador.
- A Dato calculado por función matemática o lógica, y que se emplea o refiere en otra hoja.
- A Dato calculado por fórmula matemática o lógica.

#### Cálculos de los lados largos (segmentos No.1 y No.3):

##### DATOS DE ENTRADA Proceso / Fórmula:

Orden = De la hoja de Datos generales toma la descripción del número de la orden.

$$=+MAYUSC('Datos\grales'!C2)$$

Largo = De la hoja de Datos generales toma el valor del largo interior del tanque, y conviértelo a in.

$$='Datos\grales'!C6$$

Alto = De la hoja de Datos generales toma el valor de la altura interior de tanque y conviértelo a in.

$$='Datos\grales'!C8$$

Area = Calcula el área de la pared de los lados largos, y conviértela a  $cm.^2$

$$=+D6*D7$$

Presión = De la hoja de Refuerzos toma el valor de la presión interna de diseño.

$$='Refuerzos'!B41$$

F = Calcula la fuerza interna a la que es sometida la pared del lado largo, multiplicando la presión de trabajo por el área

$$='C14 '*C9$$

P = Calcula el perímetro de la pared sobre el cual actúa la fuerza debida a la presión.

$$='2*D6+2*D7$$

FI = Calcula la fuerza por unidad de longitud sobre la pared. Dividiendo la fuerza total entre el perímetro.

$$='+C16/D18$$

FC = Calcula la fuerza resultante que actúa solamente sobre la ceja de la pared del lado largo, multiplicando FI \* el Largo interior del tanque.

$$='D6*D20$$

Ap = Con el diámetro del perno a utilizar calcula el área sometida a corte por la fuerza actuante sobre la ceja.

$$='3.14159*(D24^2)/4$$

n1 = Si se especifica un largo int. De tanque igual a cero, entonces "No Aplica", sino calcula el número de pernos dividiendo la fuerza actuante en la ceja entre la multiplicación del área de corte del perno por el esfuerzo cortante máximo correspondiente alimentado como dato

$$='SI(B6=0;"N.A.";D22/(D26*D25))$$

n2 = Calcula la cantidad de pernos si se distribuyen uniformemente a una distancia estandar de 750 mm.

$$='+(B6+106.6)/750$$

n = Compara los resultados del cálculo n1 y n2, y considera el mayor.

$$='+MAX(E29:E30)$$

#### Cálculos de los lados cortos (segmentos No.2 y No.4):

##### DATOS DE ENTRADA Proceso / Fórmula:

Ancho = De la hoja de Datos generales toma el valor del ancho interior del tanque, y conviértelo a in.

$$='Datos\grales'!C7$$

Alto = De la hoja de Datos generales toma el valor de la altura interior del tanque, y conviértelo a in.

$$='Datos\grales'!C8$$

Area = Calcula el área de la pared de los lados cortos, y conviértela a  $cm.^2$

$$='+J6*J7$$

Presión = De la hoja de Refuerzos toma el valor de la presión interna de diseño.  
 $=C14$

F = Calcula la fuerza interna a la que es sometida la pared del lado corto, multiplicando la presión de trabajo por el área  
 $=I14 * H9$

P = Calcula el perímetro de la pared sobre el cual actúa la fuerza debida a la presión.  
 $=2 * J6 + 2 * J7$

FI = Calcula la fuerza por unidad de longitud sobre la pared. Dividiendo la fuerza total entre el perímetro.  
 $=+I16/J18$

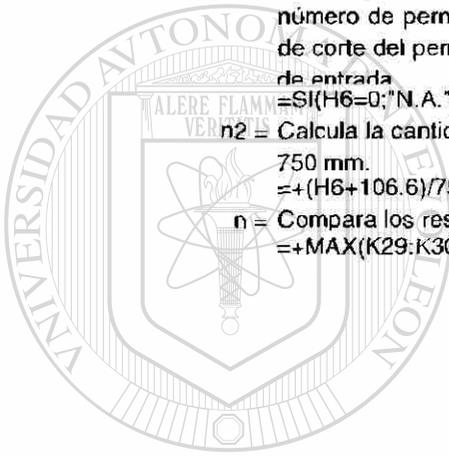
FC = Calcula la fuerza resultante que actúa solamente sobre la ceja de la pared del lado corto, multiplicando FI \* el Ancho interior del tanque.  
 $=J6 * J20$

Ap = Con el diámetro del perno a utilizar calcula el área sometida a corte por la fuerza actuante sobre la ceja.  
 $=3.14159 * (J24^2) / 4$

n1 = Si se especifica un ancho int. De tanque igual a cero, entonces "No Aplica", sino calcula el número de pernos dividiendo la fuerza actuante en la ceja entre la multiplicación del área de corte del perno por el esfuerzo cortante máximo correspondiente alimentado como dato de entrada  
 $=SI(H6=0; "N.A."; J22 / (D26 * J25))$

n2 = Calcula la cantidad de pernos si se distribuyen uniformemente a una distancia estandar de 750 mm.  
 $=+(H6+106.6)/750$

n = Compara los resultados del calculo n1 y n2 , y considera el mayor.  
 $=+MAX(K29;K30)$



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

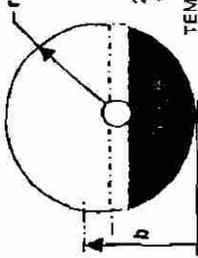
### 6.4 CALCULO DEL TANQUE CONSERVADOR

Calculo del Volumen del Tanque conservador considerando b ALTO > r.

NORMAL CLIENTE

ALTO = 1,040 mm.  
 BAJO = 146 mm.  
 25°C = 494 mm.  
 b = Altura = 650 mm.  
 r = Radio del círculo = 4,200 mm.  
 L = Long. Conservador = 47,366 dm<sup>3</sup>.  
 Vt = Volumen tot. Acetile = 2 \* √(2br-b<sup>2</sup>)

C = 2 \* √(2br-b<sup>2</sup>)  
 A° = 2 \* arcsen(C/2r)  
 a = 0.017453 \* r \* A°  
 AREA = Area semicírculo = ((a \* r) - C \* (r-b)) / 2



	ALTO	25°C	BAJO
C =	1040	1262	821
A° =	106	152	78
a =	1205	1727	888
25° AREA =	113.83	46.3	8.2
VOLUMEN =	4781.1	1943.8	343.9
TEMPERATURA =	105	25	-20.0

nota No.1): O.K., Se cumple volumen mínimo requerido por el Conservador  
 nota No.2): O.K., Se cumple volumen máximo requerido por el conservador

Elabora: G. Nieto

Verifica: \_\_\_\_\_

Fecha: 9-may-01

Orden DISEÑO2

DATOS DE ENTRADA:

G.L.M.A.M.I.A.  
 Largo interior = 5450.00 mm.  
 Ancho interior = 2290.00 mm.  
 Altura interior = 4050.00 mm.  
 kgs. de Cobte = 10217.00 kg.  
 kgs. de Silicio = 27822.00 kg.  
 kgs. Aislamientos = 2608.00 kg.  
 kgs. de Herrajes = 3404.02 kg.  
 Temperatura Máxima = 105.00 °C  
 Temperatura Mínima = -20.00 °C  
 Volumen x Radiador = 78.10 gal  
 No. de Radiadores = 8  
 Constante = 0.00075 (Coef. expansión  
 % Altura Nivel a 25°C = 38.00 %

lts. en Cabezales = 113.61 Lis  
 Sallantes y Fondo Falso = 0.00 Lis

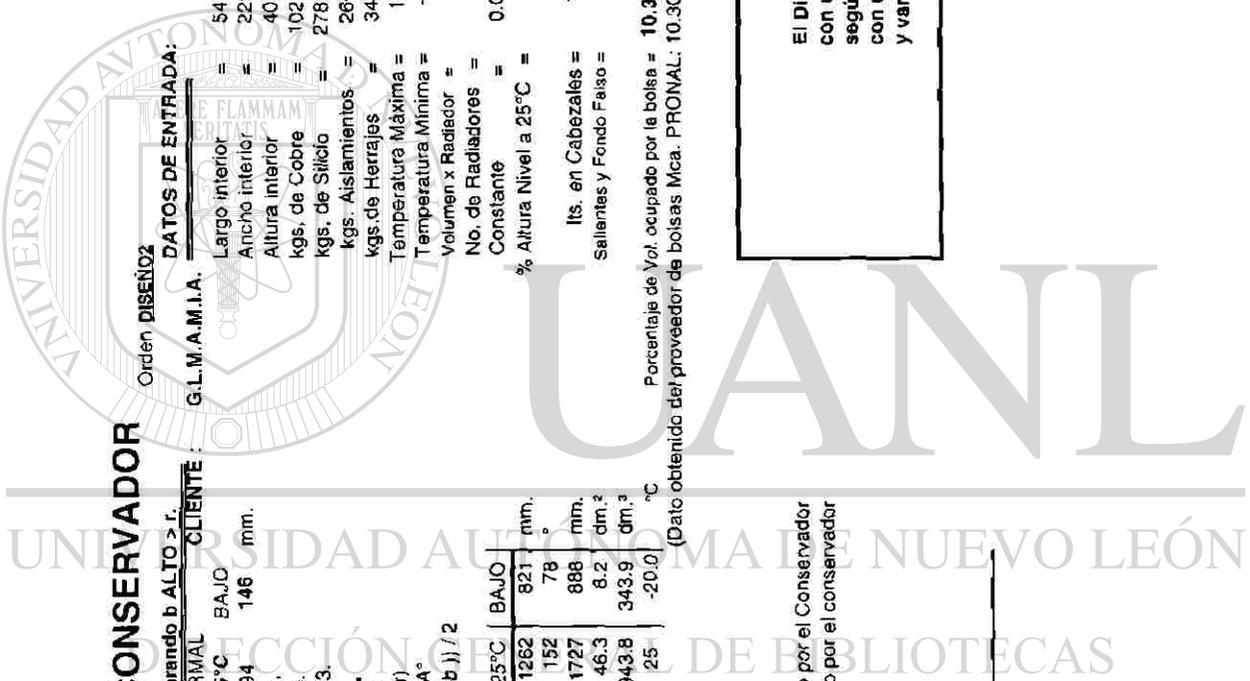
Porcentaje de Vol. ocupado por la bolsa = 10.306667 ( Cte. )  
 (Dato obtenido del proveedor de bolsas Mca. PRONAL: 10.306667)

CALCULOS:

Vol. Tanque = 50584 dm.<sup>3</sup>  
 Vol. Radiadores = 2478 dm.<sup>3</sup>  
 Vol. P.V. = 7641 dm.<sup>3</sup>  
 Vol. Acetile = 45422 dm.<sup>3</sup>  
 Cuerda = 1262 mm.  
 Apertura = 152 °  
 Arco = 1727 mm.  
 Area Semicirc. = 46 dm.<sup>2</sup>  
 Vol. Conser.25°C = 1944 dm.<sup>3</sup>  
 Vol. Total = 47366 dm.<sup>3</sup>  
 Delta Min. = 1599 dm.<sup>3</sup>  
 Delta Max. = 2842 dm.<sup>3</sup>  
 Cumple Min. = 345 dm.<sup>3</sup> ver 1).  
 Cumple Max. = 789 dm.<sup>3</sup> ver 2).  
 Var. Vol. Req. = 4441 dm.<sup>3</sup>  
 Dif. Volúmenes = 559 dm.<sup>3</sup>  
 Dia. Conservado = 1300 mm.  
 Lgo. Conservado = 4200 mm.  
 Vol. Bolsa = 5000 dm.<sup>3</sup>  
 Vol. Conservador = 5575 dm.<sup>3</sup>

TANQUE CONSERVADOR

El Diam del Conservador e 1,300 mm.  
 con un largo de : 4,200 mm.  
 según dibujo estándar : PND0165  
 con una carátula según dlt PNB0423  
 y varilla según dibujo : PNB0425



#### 6.4 Formulario para el Cálculo del Tanque conservador cilíndrico

	A	Dato a ser alimentado por el diseñador.
	A	Dato calculado por función matemática o lógica, y se emplea o refiere en otra hoja del programa
	A	Dato calculado por fórmula matemática o lógica.

##### DATOS DE ENTRADA Proceso / Fórmula:

Largo interior	= De la hoja de Datos generales toma el valor del largo interior del tanque principal. =+'Datos grales'!C6
Ancho interior	= De la hoja de Datos generales toma el valor del ancho interior del tanque principal. =+'Datos grales'!C7
Altura interior	= De la hoja de Datos generales toma el valor de la altura interior del tanque principal. =+'Datos grales'!C8
kgs. de Cobre	= De la hoja de Datos generales suma el valor de kgs. de cobre principal + kgs. de cobre del reactor + kgs. de cobre del transformador serie + kgs. de cobre del armado de barras. =+'Datos grales'!I70+'Datos grales'!M70+'Datos grales'!P70+'Datos grales'!C81
kgs. de Silicio	= De la hoja de Datos generales suma el valor de kgs. de silicio principal + kgs. de silicio del reactor + kgs. de silicio del transformador serie. =+'Datos grales'!I71+'Datos grales'!M71+'Datos grales'!P71
kgs. Aislamientos	= De la hoja de Datos generales suma el valor de kgs. de aislamientos; bloques y encintado principal + kgs. de aislamientos; bloques y encintado del reactor + kgs. de aislamientos; bloques y encintado del transformador serie. =+'Datos grales'!I72+'Datos grales'!J73+'Datos grales'!M72+'Datos grales'!M73+'Datos grales'!P72+'Datos grales'!P73+'Datos grales'!C80+'Datos grales'!C82+'Datos grales'!C83+'Datos grales'!C84
kgs. de Herrajes	= De la hoja de Pesos toma el valor del peso de los herrajes. =+Pesos!E105
Temperatura Máx.	= De la hoja de Datos generales toma el valor de la temperatura máxima. =+'Datos grales'!C16
Temperatura Mín.	= De la hoja de Datos generales toma el valor de la temperatura mínima. =+'Datos grales'!C15
Volumen radiador	= De la hoja de Pesos toma el volumen de cada radiador en gal./rad.. =+Pesos!B126
No. de radiadores	= De la hoja de Pesos toma la cantidad de radiadores. =+Pesos!B124
lts. en Cabezales	= De la hoja de Pesos toma el valor de litros de aceite en cabezales. =+Pesos!E132
Salientes y fondo falso	= De la hoja de Datos generales toma el valor de pesos extras de salientes y súmalo de la hoja de Pesos el volumen generado por el fondo falso. =+'Datos grales'!C126+Pesos!K28

##### CÁLCULOS Proceso / Fórmula:

Vol. tanque	= Calcula el volumen interior del tanque principal, multiplicando el largo por el ancho y por la altura, convirtiéndolo a lts., súmalo el volumen de salientes y fondo falso, sumale el volumen por válvula tranter y tubos de conducción. =(((K4*K5*K6)/(100)^3)+K19+(1.5*Pesos!H130)+Pesos!H148
Vol. radiadores	= Calcula el volumen de los radiadores, multiplicando el los galones por radiador por la cantidad de radiadores, convirtiéndolo los galones a lts. Y súmalo los lts. de cabezales para radiador. =(3.785*K13*K14)+ K18
Vol. P.V.	= De la hoja de Pesos toma el valor del volumen de aceite que desplaza la parte viva. =+Pesos!G155
Vol. Aceite	= Volumen de aceite es igual al volumen del tanque + volumen de radiadores - volumen parte viva. =N4+N5-N6
Cuerda	= Calcula el valor de la cuerda en el conservador a la altura "b", $C = 2 \cdot \sqrt{(2b - b^2)}$ =2*((2*E5*(M27/2))-(E5)^2)^0.5

- Apertura = Calcula el valor del ángulo de apertura ( $^{\circ}$ ) en el conservador a la altura "b".  $A = 2^{\circ} \arcsen(C/2r)$   
 $= 2^{\circ} \text{ASENO}(N8/(2^{\circ}(M27/2))) * (360/(2^{\circ}PI()))$
- Arco = Calcula el valor del arco en el conservador a la altura "b",  $a = 0.017453 * r * A^{\circ}$   
 $= 0.017453 * (M27/2) * N9$
- Area Semicirc. = Calcula el valor del área del semicírculo del conservador a la altura "b",  $AREA = ((a * r) - C * (r - b)) / 2$   
 $= ((N10 * (M27/2)) - N8 * ((M27/2) - E5)) / (2 * 100^2)$
- Vol.Conserv.25°C = Calcula el volumen del tanque conservador, multiplicando el área del semicírculo por la longitud del conservador.  
 $= N11 * N21 / 100$
- Vol. Total = Calcula el nuevo volumen total de aceite, sumando al aceite total el aceite en el conservador a 25°C.  
 $= D8$
- Delta Min. = Calcula la reducción del volumen del aceite al operar a la temperatura mínima de diseño.  
 $DELTA \text{ Min.} = DIP * Vol. \text{ Tot.} * (25^{\circ} - Temp. \text{ Min.})$   
 $= K15 * N13 * (25 - K12)$
- Delta Max. = Calcula el aumento en volumen del aceite al operar a la temperatura máxima de diseño.  
 $DELTA \text{ Max.} = DIP * Vol. \text{ Tot.} * (Temp. \text{ Max.} - 25^{\circ})$   
 $= K15 * N13 * (K11 - 25)$
- Cumple Min. = Calcula el volumen del conservador a mínimo nivel, restando al aceite a 25° el cambio de volumen a temperatura mínima.  
 $= N12 - N14$
- ← Compara el valor del volumen mínimo contra "cero", desplegando un mensaje de "O.K., Se cumple Vol. req. Conserv.", o bien "No se cumple Vol. req. Del Conserv."  
 $= SI(N16 > 0, "dm.^3" \_ O.K., \text{ Se cumple Vol. req. Conserv.}, "No se cumple Vol. req. del Conserv.")$
- Cumple Max. = Calcula el volumen del conservador a máximo nivel, restando al volumen interior del conservador el volumen de aceite a 25° y el cambio de volumen a temperatura máxima.  
 $= N23 - N12 - N15$
- ← Compara el valor del volumen mínimo contra "cero", desplegando un mensaje de "O.K., Se cumple Vol. req. Conserv.", o bien "No se cumple Vol. req. Del Conserv."  
 $= SI(N17 > 0, "dm.^3" \_ O.K., \text{ Se cumple Vol. req. Conserv.}, "No se cumple Vol. req. Del Conserv.")$
- Var. Vol. Req. = Calcula el rango de variación en volumen sumando el volumen a la temperatura mínima el volumen a la temperatura máxima.  
 $= N14 + N15$
- Dif. Volúmenes = Calcula la diferencia entre el volumen de la bolsa y el rango de variación en volumen del aceite, debiendo ser siempre mayor el de la bolsa para poder absorber la variación de volúmenes.  
 $= N22 - N18$
- Dia. Conservador = Comparación de la relación entre el volumen de aceite sin conservador entre el porcentaje de vol. ocupado por la bolsa, contra tabla de conservadores estándar y conservadores especiales, y de allí se toma el diámetro del conservador estándar estándar.  
 $= SI(N7/K21 < V4, T4, SI(N7/K21 < V5, T5, SI(N7/K21 < V6, T6, SI(N7/K21 < V7, T7, SI(N7/K21 < V8, T8, SI(N7/K21 < V9, T9, SI(N7/K21 < V10, T10, SI(N7/K21 < V11, T11, P20))))))$
- Lgo. Conservador = Comparación de la relación entre el volumen de aceite sin conservador entre el porcentaje de vol. ocupado por la bolsa, contra tabla de conservadores estándar y conservadores especiales, y de allí se toma el largo del conservador estándar estándar.  
 $= SI(N7/K21 < V4, U4, SI(N7/K21 < V5, U5, SI(N7/K21 < V6, U6, SI(N7/K21 < V7, U7, SI(N7/K21 < V8, U8, SI(N7/K21 < V9, U9, SI(N7/K21 < V10, U10, SI(N7/K21 < V11, U11, P21))))))$
- Vol. Bolsa = Comparación de la relación entre el volumen de aceite sin conservador entre el porcentaje de vol. ocupado por la bolsa, contra tabla de conservadores estándar y conservadores especiales, y de allí se toma el volumen de la bolsa estándar.  
 $= SI(N7/K21 < V4, V4, SI(N7/K21 < V5, V5, SI(N7/K21 < V6, V6, SI(N7/K21 < V7, V7, SI(N7/K21 < V8, V8, SI(N7/K21 < V9, V9, SI(N7/K21 < V10, V10, SI(N7/K21 < V11, V11, P22))))))$
- ( AUXILIAR ) P22  
 $= SI(N7/K21 < V12, V12, SI(N7/K21 < V13, V13, SI(N7/K21 < V14, V14, SI(N7/K21 < V15, V15, SI(N7/K21 < V16, V16, "ESPECIAL"))))$

Vol.Conservador= Comparación de la relación entre el volumen de aceite sin conservador entre el porciento de vol. ocupado por la bolsa, contra tabla de conservadores estándar y conservadores especiales. y de allí se toma el volumen del conservador estándar.  
 $=SI(N7/K21<V4,W4,SI(N7/K21<V5,W5,SI(N7/K21<V6,W6,SI(N7/K21<V7,W7,SI(N7/K21<V8,W8,SI(N7/K21<V9,W9,SI(N7/K21<V10,W10,SI(N7/K21<V11,W11.P23))))))))$

### CALCULOS Proceso / Formula:

Altura nivel a 25° = Calcula la altura al nivel de aceite dentro del conservador dividiendo su diámetro entre el % de altura al nivel a 25°C y convirtiendo los mm, a dm.  
 $=N20*K16/100$

Radio del círculo = Calcula el radio del conservador dividiendo su diámetro entre 2.  
 $=N20/2$

Long. conservador = Despliega la longitud del conservador ya previamente calculada.  
 $=N21$

Volumen total aceite = Calcula el nuevo volumen de aceite, sumando al aceite total el aceite en el conservador a 25°C.  
 $=N7+N12$

Cuerda ALTO = Calcula la cuerda al tener el nivel ALTO de aceite a temperatura máxima, ( C= ALTO).  
 $=2*(2*D5*D6-D5^2)^{0.5}$

Apertura ALTO = Calcula el ángulo de apertura al tener el nivel ALTO de aceite a temperatura maxima, ( A°= ALTO).  
 $=2*(ASENO(D16/(2*D6)))*(360/(2*PI()))$

Arco ALTO = Calcula el arco al tener el nivel ALTO de aceite a temperatura máxima, ( a= ALTO).  
 $=0.017453*D6*D17$

Area alto = Calcula el área del semicírculo al tener el nivel ALTO de aceite a temperatura máxima, haciendo las conversiones correspondientes ( Area= ALTO).  
 $=((PI()/4*(2*D6)^2/10000)-((D18*D6)-D16*(D5-D6))/2/10000)$

Volumen alto = Calcula el volumen de aceite dentro del conservador estándar al tener el nivel ALTO de aceite a temperatura máxima, ( VOLUMEN= ALTO).  
 $=D7/100*D19$

Temperatura alto = Calcula la temperatura a la que el aceite alcanza la altura ALTO estimada, sumándole a la temperatura normal de 25°C el resultado de la división de la resta del volumen a nivel ALTO menos el volumen a 25°C entre el producto de la constante de dilatación térmica del aceite multiplicada por el volumen total de aceite ( TEMPERATURA= ALTO).

$$= 25 + (D20 - E20) / (K15 * D8)$$

Cuerda bajo = Calcula la cuerda al tener el nivel BAJO de aceite a temperatura mínima, ( C= BAJO).  
 $=2*(2*F5*D6-F5^2)^{0.5}$

Apertura bajo = Calcula el ángulo de apertura al tener el nivel BAJO de aceite a temperatura mínima, ( A°= BAJO).

$$=2*(ASENO(F16/(2*D6)))*(360/(2*PI()))$$

Arco bajo = Calcula el arco al tener el nivel BAJO de aceite a temperatura mínima, ( a= BAJO).  
 $=0.017453*D6*F17$

Area bajo = Calcula el área del semicírculo al tener el nivel BAJO de aceite a temperatura mínima, haciendo las conversiones correspondientes ( Area= BAJO).  
 $=(((F18*D6)-F16*(D6-F5))/2/10000)$

Volumen bajo = Calcula el volumen de aceite dentro del conservador estándar al tener el nivel BAJO de aceite a temperatura mínimo, ( VOLUMEN= BAJO).  
 $=D7/100*F19$

Temperatura bajo = Calcula la temperatura a la que el aceite alcanza la altura BAJO estimada, restándole a la temperatura normal de 25°C el resultado de la división de la resta del volumen a 25 C menos el volumen a nivel BAJO entre el producto de la constante de dilatación térmica del aceite multiplicada por el volumen total de aceite ( TEMPERATURA= BAJO).  
 $= 25 - (E20 - F20) / (K15 * D8)$



Acc's. Boquillas Terc. (Y1, Y2, Y3)		Contrabrida desmontable		Acc's. Boquillas (HoXo)		Contrabrida desmontable	
<b>Brida soldada</b>		<b>Brida soldada</b>		<b>Brida soldada</b>		<b>Brida soldada</b>	
Diam. int.=	10 mm.	Diam. int.=	0.0 mm	Diam. int.=	10 mm.	Diam. int.=	0 mm.
Diam. ext.=	130 mm.	Diam. ext.=	130 mm	Diam. ext.=	130 mm.	Diam. ext.=	130 mm.
Espesor =	31.8 mm.	Espesor =	12.7 mm	Espesor =	31.8 mm.	Espesor =	12.7 mm.
Fondo bote =	6.35 mm.			Fondo bote =	6.35 mm.		
Dia.int.fondo=	10 mm.			Dia.int.fondo=	10 mm.		
Cant. =	0 pzs.	Peso brida =	0 kg.			Peso brida =	3 kg.
<b>Long. de Botes</b>		Peso contrab.=	0 kg.	<b>Long. de Bote</b>		Peso contrab.=	1 kg.
para Y1 =	50 mm.	Peso bote =	0 kg.	para HoXo =	0 mm.	Peso bote =	0 kg.
para Y2 =	50 mm.	Peso fondo =	0 kg.	Espesor =	7.93 mm.	Peso fondo =	0 kg.
para Y3 =	50 mm.	<b>Total =</b>	<b>0 kg.</b>			<b>Total =</b>	<b>5 kg.</b>
Espesor =	7.93 mm.						
<b>Registros Hombres</b>		<b>Pesos Tapa</b>					
Cantidad =	3 pzs.	Peso placa+ref's.	3125 kg.	Peso Bote Ho =	0 kg.		
Extensión =	50 mm.	Peso botes A.T.=	310 kg.	Peso Bote Xo =	52 kg.		
Esp. brida =	31.8 mm.	Peso botes B.T.=	100 kg.	Peso Bote HoXo =	5 kg.		
<b>Total =</b>	<b>246 kgs.</b>	Peso botes Y =	0 kg.	Peso reg Hombre =	246 kg.		
		Sub-total =	3536 kg	Sub-total =	303 kg		
						<b>Total tapa = 3.839 kg.</b>	
<b>Parte Viva :</b>							
Entre-Ejes =	1,295 mm.						
Alt. Ventana=	1,950 mm.						
Diam.nucleo =	603 mm.						
<b>Herrajes</b>		<b>Opresores y pernos</b>		<b>Sujecion parte viva</b>		<b>Orejas de izaje</b>	
Alto =	304.8 mm.	Cantidad =	12 pzs	Cantidad =	4 pzs.	Peso unit. =	25 kg.
Ancho =	203.2 mm.	Peso unit. =	1.5 kg.	Peso unit. =	33 kg.	Cantidad =	4 pzs.
Largo =	5,410 mm.	<b>Total =</b>	<b>18 kg.</b>	<b>Total =</b>	<b>132 kg.</b>	<b>Total =</b>	<b>100 kg.</b>
Peso =	93 kg/mt.						
<b>Total =</b>	<b>2,013 kgs.</b>	<b>Base parte viva</b>		<b>Tirantes</b>		<b>Accesorios</b>	
		Largo =	1,390 mm	<b>Total =</b>	<b>337 kg.</b>	Cajas lateral =	220 kg.
		Ancho =	250 mm.			cajas transv.=	123 kg.
		Espesor =	50.8 mm.			Apoyos =	0 kg.
		<b>Total =</b>	<b>461 kg.</b>			tensores =	0 kg.
						<b>Total =</b>	<b>343 kg.</b>
<b>Total herrajes = 3.404 kg</b>							
<b>Datos del diseño eléctrico:</b>				<b>Datos del armado interno:</b>			
<b>Principal</b>		<b>Reactor</b>				<b>Serie</b>	
Cobre =	8652 kg.	Cobre =	0 kg.	Blocks =	200 kg.	Cobre =	1365 kg.
Silicio =	24247 kg.	Silicio =	0 kg.	Cobre =	200 kg.	Silicio =	3575 kg.
Encintados =	499 kg.	Encintados =	0 kg.	Soportes =	106 kg.	Encintados =	43 kg.
Aislam. =	1424 kg.	Aislam. =	0 kg.	Encintados =	80 kg.	Aislam. =	161 kg.
		Herrajes =	0 kg.	Aislam. =	95 kg.	Herrajes =	1434 kg.
		<b>Total Reactor =</b>	<b>0 kg.</b>	Camb. sin carga	100 kg.	<b>Total Serie =</b>	<b>6578 kg.</b>
						<b>Total P.V. =</b>	<b>45585 kg.</b>
						<b>P.V. impregnada=</b>	<b>46946 kg.</b>

ACCESORIOS DEL TRANSFORMADOR				Cantidad de accesorios e Instrumentos			
<b>Radiadores = 10831</b>				<b>Boquillas y Apartarrayos</b>			
Marca =	Tranter	Cantidad A.T. =	3 pzs	R.M.S. =	FALSO	Valvulas (2" Ø) =	2
Cantidad =	8 pzs.	Peso unit. =	1100 lb.	R.P.S. =	1	Valvulas (1" Ø) =	2
Peso unitario =	1519 lb.	Aparta. (A.T.) =	0 lb.	I.T.D. =	1	Detector impac. =	1
Volumen rad. =	78 gal.	Sop. Aparta. (A.T.) =	200 kg.	I.T.A. =	1	Nivel (tanque) =	1
<b>Cambiador bajo carga</b>				<b>TC's</b>			
Mando a motor =	0 lb.	Cantidad B.T. =	3 pzs	A.T. =	732 kg.	ENAs (RND) =	0
Tanque y Accs. =	790 lb.	Peso unit. =	72 lb.	B.T. =	15 kg.	ENAs (RNC) =	1
Peso del aceite =	387 lb.	Aparta. (B.T.) =	0 lb.	Terciano =	0 kg.	Manovac. =	1
		Sop. Aparta. (B.T.) =	0 kg.	Ho =	0 kg.	Valv. Tranter =	16
		Peso Ho =	0 lb.	Xo =	57 kg.	I.T.D. scada =	0
		Peso Xo =	185 lb.			I.T.A. scada =	0
		Peso HoXo =	0 lb.			Silica-HB5 =	0
		<b>Cabezales para radiadores</b>		<b>Conexiones Exteriores</b>			
		Peso cabezales =	291 kg.	Gabinete =	130 kg.	<b>Conservador</b>	
		Vol. cabezales =	114 lt.	Condulets =	20 kg.	Conservador =	1354 kg.
				Resist. Neutro =	0 kg.	Soporte Cons. =	200 kg.
				<b>Ruedas</b>	0 kg.	Vol. Conserv. =	1944 lt.
						Tuberia =	3 kg.
						Tuberia de venteo =	36 kg.
						Tuberia de Silica =	40 kg.
						<b>Parte viva</b>	
						Vol. Herrajes =	616 lt.
						Vol. Silicio =	3637 lt.
						Vol. Cobre =	1142 lt.
						Vol. Soportes =	136 lt.
						Vol. Encint. =	541 lt.
						Vol. Aislam. =	1377 lt.
						Vol. Blocks =	160 lt.
						Vol. C.S.C. =	33 lt.
						<b>Volumenes</b>	
						Tanque =	50570 lt.
						Radiadores =	2479 lt.
						C.B.C. =	195 lt.
						Conservador =	1944 lt.
						Tuberia Cons. =	14 lt.
						Salientes =	0 lt.
<b>RESUMEN GLOBAL DE PESOS Y VOLUMENES</b>							
<b>Volumenes</b>		lt.	gal.	kg.	lb.		
Volumen de Radiadores y Cabezales		=	2479	655	2231	4918	
Volumen del Cambiador Bajo Carga		=	195	52	175	387	
Volumen de aceite en el Conservador		=	1958	517	1762	3885	
Volumen de Aceite que desaloja la Parte Viva		=	7641	2019	6877	15161	
Volumen de Aceite a: -20 °C (Bajo)		=	0	0	0	0	
Volumen de Aceite a: 25 °C (Normal)		=	0	0	0	0	
Volumen de Aceite a: 105 °C (Alto)		=	0	0	0	0	
Volumen de Aceite total a 25°C		=	47561	12564	42805	94368	
Impregnación de aceite por aislamientos		=	1513	400	1361	3001	
Volumen total de aceite requerido =			49073	lt.			
<b>Pesos</b>				kg.	lb.		
Peso Parte Viva ya impregnada		=		46946	103499		
Peso Paileria ( Tanque, Tapa, Base, Accs. pail., Herrajes y Soldadura )		=		23545	51909		
Peso Acc's. Paileria (Conservador, Soportes, Apartarrayos, Resist. Neutro, Sopt's. Rad's., Etc.)		=		2408	5308		
Peso Acc's. ( Boquillas, Apartarrayos, C.B.C., TC's, Gab., Condulets, Acc's. Etc. )		=		3776	8325		
Peso de Radiadores ( Sin aceite )		=		5512	12151		
Peso Aceite total ( 47561 ) lt. ( 12564 ) gal.		=		42805	94368		
Peso total ( Sin aceite ) =				78783	173687		
Peso de operación =				121588	268055		
Peso del Tanque y Accesorios =				31837	70188		
Peso de embarque ( Sin Aceite ) =				68750	151569		
Peso de embarque ( Con Aceite ) =				111555	245937		

## 6.5.1 Formulario para el Calculo de la hoja integrada de Pesos y Volúmenes.

A	Dato a ser alimentado por el diseñador.
A	Dato calculado por función matemática o lógica, y se emplear o refiere en otra hoja del programa
A	Dato calculado por formula matemática o lógica.

### DATOS DE ENTRADA Proceso / Formula:

- Largo int. = De la hoja de Datos generales toma el valor del largo interior del tanque principal.  
 =+'Datos grales'!C6
- Ancho int. = De la hoja de Datos generales toma el valor del ancho interior del tanque principal.  
 =+'Datos grales'!C7
- Alto int. = De la hoja de Datos generales toma el valor de la altura interior del tanque principal.  
 =+'Datos grales'!C8
- Colocación de refuerzos Seq. 1 y 3 = De la hoja de Refuerzos toma la forma de colocación de los refuerzos en los segmentos No.1 y No.3 y despliega junto con el texto "Seq. 1 y 3".  
 =CONCATENAR("Seq. 1 y 3 ",Refuerzos!G4)
- Cant. = De la hoja de Refuerzos toma la cantidad de refuerzos de canal a usarse en los segmentos No.1 y No.3.  
 =+Refuerzos!G13
- Patín = De la hoja de Refuerzos toma el valor del patín de los refuerzos de canal a usarse en los segmentos No.1 y No.3 y conviértelo a mm..  
 =+Refuerzos!B6\*10
- Peralte = De la hoja de Refuerzos toma el valor del peralte de los refuerzos de canal a usarse en los segmentos No.1 y No.3 y conviértelo a mm..  
 =+Refuerzos!B7\*10
- Espesor = De la hoja de Refuerzos toma el valor del espesor de los refuerzos de canal a usarse en los segmentos No.1 y No.3 y conviértelo a mm..  
 =+Refuerzos!B8\*10
- Colocación refuerzos Seq.2 y 4 = De la hoja de Refuerzos toma la forma de colocación de los refuerzos en los segmentos No.2 y No.4 y despliega junto con el texto "Seq. 2 y 4".  
 =CONCATENAR("Seq. 2 y 4 ",Refuerzos!G71)
- Cant. = De la hoja de Refuerzos toma la cantidad de refuerzos de canal a usarse en los segmentos No.2 y No.4.  
 =+Refuerzos!G81
- Patín = De la hoja de Refuerzos toma el valor del patín de los refuerzos de canal a usarse en los segmentos No.2 y No.4 y conviértelo a mm..  
 =+Refuerzos!B74\*10
- Peralte = De la hoja de Refuerzos toma el valor del peralte de los refuerzos de canal a usarse en los segmentos No.2 y No.4 y conviértelo a mm..  
 =+Refuerzos!B75\*10
- Espesor = De la hoja de Refuerzos toma el valor del espesor de los refuerzos de canal a usarse en los segmentos No.2 y No.4 y conviértelo a mm..  
 =+Refuerzos!B76\*10
- Espesor de paredes Seq. 1 y 3 = De la hoja de Refuerzos toma el valor del espesor de las paredes de los segmentos No.1 y No.3 y conviértelo a mm..  
 =+Refuerzos!B9\*10
- Peso pared = Calcula el peso de las paredes de los segmentos No.1 y No.3, multiplicando al largo interior del tanque por la suma, de la altura interior del tanque menos un espesor más el desarrollo de la ceja doblada si es que la lleva, por el espesor y por la densidad del acero previamente convirtiendo los mm. a dm.  
 =+B4\*(B6-B10+H10)\*B10\*0.00000786\*2

Peso ref's. = Cacula el peso de los refuerzos, de Datos generales verifica si lleva los refuerzos de los segmentos No.1 y No.3 verticales, si es no primeramente calcula el desarrollo de los refuerzos, multiplícalo por el espesor y por el largo interior del tanque. por la cantidad de refuerzos por segmento y por dos segmentos, si es si en lugar del largo interior del tanque se usa la altura interior del tanque, de lo contrario despliega el texto "No especifica".

=SI('Datos grales'!I6="N",((E5\*2+E6-E7\*4)\*E7\*B4\*E4\*2\*0.00000786),SI('Datos grales'!I6="S",((E5\*2+E6-E7\*4)\*E7\*B6\*E4\*2\*0.00000786),"No especifica"))

Tapas ref's. = Cacula el peso de las tapas de los refuerzos, toma el valor del patín del refuerzo y súmalo 10 mm. para la ceja de soldadura, multiplícalo por el peralte agregándole previamente 20 mm. en total para ceja, multiplícalo por el espesor, por la cantidad de refuerzos por segmento y por dos segmentos y por dos tapas por refuerzo.

+=(E5+10)\*(E6+20)\*E7\*0.00000786\*E4\*2\*2

Espesor de paredes Seq. 2 y 4 = De la hoja de Refuerzos toma el valor del espesor de las paredes de los segmentos No.2 y No.4 y conviértelo a mm.

+=Refuerzos!B77\*10

Peso pared = Calcula el peso de las paredes de los segmentos No.2 y No.4, multiplicando el ancho interior del tanque más dos veces el espesor de la pared de los segmentos No.1 y No.3, más 20 mm. para cejas de soldaduras, por la altura interior del tanque menos un espesor más el desarrollo de la ceja doblada si es que la lleva, por el espesor y por la densidad del acero previamente convirtiendo los mm. a dm.

+=(B5+2\*E10+40)\*(B6-E10+H10)\*E10\*0.00000786\*2

Peso ref's. = Cacula el peso de los refuerzos, de Datos generales verifica si lleva los refuerzos de los segmentos No.2 y No.4 verticales, si es no primeramente calcula el desarrollo de los refuerzos, multiplícalo por el espesor y por el ancho interior del tanque. por la cantidad de refuerzos por segmento y por dos segmentos, si es si en lugar del largo interior del tanque se usa la altura interior del tanque, de lo contrario despliega el texto "No especifica".

=SI('Datos grales'!I7="N",((H5\*2+H6-H7\*4)\*H7\*B5\*H4\*2\*0.00000786),SI('Datos grales'!I7="S",((H5\*2+H6-H7\*4)\*H7\*B6\*H4\*2\*0.00000786),"No especifica"))

Tapas ref's. = Cacula el peso de las tapas de los refuerzos, toma el valor del patín del refuerzo y súmalo 10 mm. para la ceja de soldadura, multiplícalo por el peralte agregándole previamente 20 mm. en total para ceja, multiplícalo por el espesor, por la cantidad de refuerzos por segmento y por dos segmentos y por dos tapas por refuerzo.

+=(H5+10)\*(H6+20)\*H7\*0.00000786\*H4\*2\*2

Ceja doblada = De la hoja de Datos generales verifica si el tanque lleva ceja doblada, de ser si asigna el valor de 95 mm. para desarrollo de la misma ceja, de ser no asigna un valor de cero.

=SI('Datos grales'!C9="Doblada",95,0)

Ceja Soldada = De la hoja de Datos generales verifica si el tanque lleva ceja soldada, de ser si calcula el peso de la ceja, sumándole al largo interior del tanque 202 mm. de ceja, multiplícalo por 25.4 mm. de espesor por 101 mm. de ancho por el peso específico, transformando previamente de mm. a dm., todo multiplícalo por el producto del ancho interior del tanque \* 25.4 mm. de espesor por 101 mm. de ancho por el peso específico, transformando previamente de mm. a dm., de ser no asigna un valor cero.

=SI('Datos grales'!C9="Soldada",(((B4+202)\*25.4\*101\*0.00000786\*2)+(B5\*25.4\*101\*0.00000786\*2)),0)

Salientes = De la hoja de Datos generales toma el valor de peso de salientes si lleva el tanque.

+= 'Datos grales'!C123

Otros = De la hoja de Datos generales toma el valor de otros pesos extras si lleva el tanque.

+= 'Datos grales'!C124

Total paredes = Cacula el peso total de las paredes efectuando la suma de las paredes segmentos No.1: No.2: No.3 y No.4.

=(B11+E11)

Total ref's. c/tapas = Cacula el peso total de los refuerzos y sus tapas efectuando la suma de los refuerzos de las paredes segmentos No.1: No.2: No.3 y No.4.

=SUMA(B12:B13)+SUMA(E12:E13)

Total = Cacula el peso total del tanque efectuando la suma de las paredes y sus refuerzos.  
 $=K10+K12+SUMA(H10:H13)$

### Cálculos de la base del Tanque principal

#### Base

#### Proceso / Formula:

#### Fondo

Esp. Fondo = De la hoja de Datos generales toma el valor del espesor del fondo del tanque principal.

$=+'Datos\ gales'!C25$

Peso Fondo = Cacula el peso del fondo del tanque, sumar al largo interior del tanque dos veces el espesor de las paredes de lados cortos más 45 mm. para ceja de soldadura por cada lado, multiplicado por el ancho interior del tanque previamente se le adicionan dos veces el espesor de las paredes del lado largo, más 45 mm, por lado para ceja de soldadura, todo por el espesor, por el peso específico, transformando previamente de mm. a dm.

$=+(B4+(2*E10)+90)*(B5+(2*B10)+90)*B20*0.00000786$

#### Ref. canal transversal

Cantidad = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de refuerzos de canal transversales.

$=+'Datos\ gales'!C26$

Peralte = De la hoja de Datos generales toma el valor del peralte de los refuerzos de canal transversal.

$=+'Datos\ gales'!C27$

Patín = De la hoja de Datos generales toma el valor del patín de los refuerzos de canal transversal.

$=+'Datos\ gales'!C28$

Espesor = De la hoja de Datos generales toma el valor del espesor de los refuerzos de canal transversal.

$=+'Datos\ gales'!C29$

Peso Ref. = Cacula el peso de los refuerzos de canal transversales, primeramente calcula el desarrollo de los refuerzos, multiplícalo por el espesor y por el ancho interior del tanque, sumándole dos veces el espesor de las paredes de seg. 1 y 3 más 70 mm de largo, por el peso específico y por la cantidad de refuerzos transversales.

$=+(E23+(2*E24)-(4*E25))*(B5+(2*B10)+70)*E25*0.00000786*E22$

#### Ref. canal longitudinal

Cantidad = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de refuerzos de canal longitudinales.

$=+'Datos\ gales'!E26$

Peralte = De la hoja de Datos generales toma el valor del peralte de los refuerzos de canal longitudinal.

$=+'Datos\ gales'!E27$

Patín = De la hoja de Datos generales toma el valor del patín de los refuerzos de canal longitudinal.

$=+'Datos\ gales'!E28$

Espesor = De la hoja de Datos generales toma el valor del espesor de los refuerzos de canal longitudinal.

$=+'Datos\ gales'!E29$

Peso Ref. = Cacula el peso de los refuerzos de canal longitudinales, primeramente calcula el desarrollo de los refuerzos, multiplícalo por el espesor y por el largo interior del tanque, sumándole dos veces el espesor de las paredes de seg. 2 y 4 más 70 mm. de largo, por el peso específico y por la cantidad de refuerzos longitudinales.

$=+(E29+(2*E30)-(4*E31))*(B4+(2*E10)+70)*E31*0.00000786*E28$

#### Ref. tipo solera

Cantidad = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de refuerzos de solera para la base.

$=+'Datos\ gales'!I26$

Ancho = De la hoja de Datos generales toma el valor del ancho de la solera de refuerzo.

$=+'Datos\ gales'!I27$

Largo = De la hoja de Datos generales toma el valor del largo de la solera de refuerzo.

$=+'Datos\ gales'!I28$

Espesor = De la hoja de Datos generales toma el valor del espesor de la solera de refuerzo.

$=+'Datos\ gales'!I29$

**Peso solera=** Cacula el peso de los refuerzos de solera, multiplicando el largo por el ancho por el espesor, por el peso específico y por la cantidad de refuerzos de solera.  

$$=+(B24*B25*B26*0.00000786*B23)$$

**tapas ref.=** Cacula el peso de las tapas de los refuerzos tipo canal, dado que la base deslizable tiene cortes a 45° en las puntas de los refuerzos, calcula el largo de la tapa necesaria para cubrir el patin con corte a 45° multiplicándolo por el peralte del refuerzo por el espesor, por el peso específico y por la cantidad de refuerzos transversales por dos tapas por refuerzo  

$$=+((RAIZ(2*(E24-E25)^2)+9)*E25*E23*0.00000786*E22*2)+((RAIZ(2*(E30-E31)^2)+9)*E31*0.00000786*E29*E28*2)$$

**Total Base =** Cacula el peso total de la base del tanque principal efectuando la suma del fondo más los refuerzos transversales más los refuerzos longitudinales más los refuerzos de solera. y más el peso de las tapas de los refuerzos.  

$$=+B27+B29+E26+E32+B21$$

### Cálculos de los Accesorios del Tanque principal

#### Accesorios

#### Proceso / Formula:

**Sujec. PV =** De la hoja de Datos generales toma el valor estimado del peso de la sujeción Parte Viva.

$$=+'Datos\grales'!F811$$

**Apoyo gato =** De la hoja de Datos generales toma el valor del peso del apoyo para gato.

$$=+'Datos\grales'!C128$$

**Oreja Emb. =** De la hoja de Datos generales toma el valor del peso de las orejas para embarque.

$$=+'Datos\grales'!C129$$

**Oreja izaje =** De la hoja de Datos generales toma el valor del peso de las orejas para izaje.

$$=+'Datos\grales'!C130$$

**Anclaje =** De la hoja de Datos generales toma el valor del peso de las bases para anclaje.

$$=+'Datos\grales'!C131$$

**Sop.Apartar. =** De la hoja de Datos generales toma el valor del peso de los soportes para apartarravos.

$$=+'Datos\grales'!C132$$

#### Garganta

#### Proceso / Formula:

**Largo =** De la hoja de Datos generales toma el valor del largo de la garganta.

$$=+'Datos\grales'!G14$$

**Alto =** De la hoja de Datos generales toma el valor de la altura de la garganta.

$$=+'Datos\grales'!G15$$

**Profundidad=** De la hoja de Datos generales toma el valor de la profundidad de la garganta.

$$=+'Datos\grales'!G16$$

**Espesor =** De la hoja de Datos generales toma el valor del espesor de la garganta.

$$=+'Datos\grales'!G17$$

**Peso (kg)=** Cacula el peso de la garganta, si no lleva garganta desmontable: suma dos veces el largo más dos veces el alto y multiplica por la profundidad de la garganta, agregándole 86 mm. para la ceja doblada, por el espesor, por el peso específico y por último suma el peso de la tapa, si lleva garganta desmontable: "idem" solo que sin la tapa.

$$=+SI(K30=0,((K20+K21)*2*(K22+86)*K23)*0.00000786+K32,((K20+K21)*2*(K22+86)*K23)*0.00000786)$$

#### Fondo falso

#### Proceso / Formula:

**Alto =** De la hoja de Datos generales toma el valor de la altura del fondo falso.

$$=+'Datos\grales'!G21$$

**Profundidad =** De la hoja de Datos generales toma el valor de la profundidad del fondo falso.

$$=+'Datos\grales'!G22$$

**Volumen (lts.) =** Cacula el volumen dentro de la garganta dependiendo de la colocación o profundidad del fondo falso: multiplica el alto del fondo falso por su profundidad y por el largo de la garganta, posteriormente transforma de mm.<sup>3</sup> a dm.<sup>3</sup>.

$$=+(K26*K27*K20)/1000000$$

**Garganta desmontable Proceso / Formula:**

Profundidad = De la hoja de Datos generales toma el valor de la profundidad de la garganta desmontable.

=+'Datos grales'!G18

Peso = Cacula el peso de la garganta desmontable, si lleva garganta desmontable: es igual a la suma dos veces el largo más dos veces el alto y multiplica por la profundidad de la garganta, agregándole 86 mm. por cada lado para la ceja doblada, por un espesor estándar de 6.35 mm., por el peso específico y por ultimo suma el peso de la tapa, si no lleva garganta desmontable: entonces es igual a cero.

=+SI(K30>0,((K20+K21)\*2\*(K30+86\*2)\*6.35)\*0.00000786+K32,0)

Peso tapa = Cacula el peso de la tapa paa la garganta, si no lleva garganta desmontable: es igual a cero, si lleva entonces: suma dos veces el largo más 86 mm. por cada lado para la ceja, y multiplica por el alto más dos veces 86 mm. para ceja por un espesor estándar de 6.35 mm., por el peso específico.

=+SI(K20=0,0,(K20+86\*2)\*(K21+86\*2)\*6.35\*0.00000786)

Total accesorios = Cacula el peso total de los accesorios del tanque principal efectuando la suma de la sujeción parte viva más los apoyos para gato, las orejas para embarque, las orejas de izaje, las bases para anclaje; los soportes para apartarrayos; el soporte del tanque conservador y otros, además suma el peso de la garganta fija más el peso de la garganta desmontable si es que la lleva.

=SUMA(H20:H27)+K24+SI(K30=0,K31,K32)

**Cálculos de la Tapa del Tanque principal****Refuerzos principales Proceso / Formula:**

Refuerzos = De la hoja de Refuerzos toma la alineación que llevarán los refuerzos principales de la tapa y desplégalo.

=+Refuerzos!G128

Cant. = De la hoja de Refuerzos toma la cantidad de refuerzos principales tipo canal de la tapa.

=+Refuerzos!G138

Peralte = De la hoja de Refuerzos toma el valor de peralte de los refuerzos principales tipo canal y conviértelos de cm. a mm. multiplicando por 10.

=+Refuerzos!B132\*10

Patín = De la hoja de Refuerzos toma el valor de patín de los refuerzos principales tipo canal y conviértelos de cm. a mm. multiplicando por 10.

=+Refuerzos!B131\*10

Espesor = De la hoja de Refuerzos toma el valor del espesor de los refuerzos principales tipo canal y conviértelos de cm. a mm. multiplicando por 10.

=+Refuerzos!B133\*10

peso total = De la hoja de Refuerzos toma el valor del peso total de los refuerzos principales tipo canal y desplégalo.

=+Refuerzos!B139

**Refuerzos extras Proceso / Formula:**

Ref's. Auxiliares = Verifica de la hoja de refuerzos si los refuerzos auxiliares serán de ángulo o solera, comparando el peralte contra el espesor, si es igual son de solera, si son diferentes son de ángulo.

=SI(Refuerzos!B190=Refuerzos!B191;"solera","ángulo")

Cant. = De la hoja de Refuerzos toma la cantidad de refuerzos auxiliares de la tapa.

=+Refuerzos!E191

Peralte = De la hoja de Refuerzos el valor de peralte de los refuerzos auxiliares y conviértelos de cm. a mm. multiplicando por 10.

=+Refuerzos!B189\*10

**Patín** = De la hoja de Refuerzos el valor de patín de los refuerzos auxiliares y conviértelos de cm. a mm. multiplicando por 10.  
 =+Refuerzos!B190\*10

**Espesor** = De la hoja de Refuerzos el valor del espesor de los refuerzos auxiliares y conviértelos de cm. a mm. multiplicando por 10.  
 =+Refuerzos!B191\*10

**peso** = De la hoja de Refuerzos el valor del espesor de los refuerzos auxiliares y conviértelos de cm. a mm. multiplicando por 10.  
 =+Refuerzos!E194

**Tapa del tanque    Proceso / Formula:**

← Despliega el texto "Tapa tipo dos aguas" ó "Tapa plana", ó "No especifica preservación", si de la hoja de Datos generales así se especifica  
 =SI('Datos grales'!C13="S","Tapa tipo dos aguas",SI('Datos grales'!C13="N","Tapa plana","No especifica preservación"))

**Espesor** = De la hoja de Refuerzos toma el valor del espesor de la tapa.  
 =+Refuerzos!B134\*10

**Peso placa** = Calcula el peso de la placa que forma el cuerpo de la tapa, agregándole 140 mm, al largo y al ancho, multiplicándoles entre si, por el espesor y el peso específico del acero.

$$=+(B4+140)*(B5+140)*B34*0.00000786$$

**Peso refs.** = Calcula el peso total de los refuerzos, sumando el peso de los refuerzos principales a los auxiliares.

$$=B40+E40$$

**Peso tapas** = Calcula el peso de las tapas para los refuerzos, suma al peralte 10 mm. y 5 mm. al patín para la ceja de soldadura, se multiplican entre si, por el espesor, por el peso específico, por el número de refuerzos por dos tapas por refuerzo.

$$=+(B37+10)*(B38+5)*B39*0.00000786*B36*2$$

**Otros** = Se estima un 20% de otros accesorios y componentes sobre la tapa.

$$=SUMA(K36:K38)*0.2$$

**Total** = Calcula el peso total de la tapa sumando los pesos de todos sus componentes.

$$=SUMA(K36:K39)$$

**Cálculos de los Acc's. Boquillas A.T. (H1,H2,H3)**

**Brida soldada    Proceso / Formula:**

**Diam. int.** = Calcula el diámetro interior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en alta tensión. si es igual a cero, toma el valor del diámetro exterior de la boquilla y súmalo 10 mm. de huelgo, sino toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. de alta tensión y súmalo 30 mm. de huelgo.  
 =+SI(MAX('Datos grales'!C95:E95,'Datos grales'!C100:E100)=0,('Datos grales'!C107)+10,MAX('Datos grales'!C95:E95,'Datos grales'!C100:E100)+30)

**Diam. ext.** = Calcula el diámetro exterior de la brida, de Datos generales revisa si lleva TC's. en boquillas de alta tensión, comparando contra "cero" los valores de diámetro exterior de TC's. en alta tensión, si es igual a cero, suma 120 mm. al diam.int. de la brida, sino toma el valor máximo del diámetro exterior TC's. en alta tensión y súmalo 150 mm. para ceja.

$$=SI(MAX('Datos grales'!C95:E95,'Datos grales'!C100:E100)=0,(B44+120),MAX('Datos grales'!C95:E95,'Datos grales'!C100:E100)+150)$$

**Dia.int.fondo** = Calcula el diámetro interior del fondo del bote contenedor de TC's. obteniendo de Datos generales el máximo valor de diámetro interior de TC's. en alta tensión y sumale 10 mm. para tolerancia.

$$=+MAX('Datos grales'!C94:E94,'Datos grales'!C99:E99)+10$$

**Cantidad** = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de boquillas para alta tensión.

$$=+'Datos grales'!C106$$

Long. de Botes H1 = Calcula la longitud requerida de bote para TC's. en H1, si de Datos generales la cantidad de TC's. en H1 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

$$=SI('Datos\grales!C93=0,50,('Datos\grales!C93*'Datos\grales!C96)+('Datos\grales!C98*'Datos\grales!C101)+(((('Datos\grales!C93+'Datos\grales!C98)+1)*3.2)-B46+12.7)$$

Long. de Botes H2 = Calcula la longitud requerida de bote para TC's. en H2, si de Datos generales la cantidad de TC's. en H2 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

$$=SI('Datos\grales!D93=0,50,('Datos\grales!D93*'Datos\grales!D96)+('Datos\grales!D98*'Datos\grales!D101)+(((('Datos\grales!D93+'Datos\grales!D98)+1)*3.2)-B46+12.7)$$

Long. de Botes H3 = Calcula la longitud requerida de bote para TC's. en H3, si de Datos generales la cantidad de TC's. en H3 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

$$=SI('Datos\grales!E93=0,50,('Datos\grales!E93*'Datos\grales!E96)+('Datos\grales!E98*'Datos\grales!E101)+(((('Datos\grales!E93+'Datos\grales!E98)+1)*3.2)-B46+12.7)$$

#### Contrabrida desmont. Proceso / Formula:

Diam. int. = Calcula el diámetro interior de la contrabrida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en alta tensión, si es igual a cero, entonces es igual a cero para considerarla como tapa ciega, sino toma el valor calculado del diámetro interior del fondo del bote.

$$=+SI(MAX('Datos\grales!C95:E95,'Datos\grales!C100:E100)=0,0,'Pesos!B48)$$

Diam. ext. = Calcula el diámetro exterior de la contrabrida, que será igual al diámetro exterior de la brida.

$$=B45$$

Peso Brida = Calcula el peso de la brida elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.14159/4, por el peso específico del acero y por el espesor, previamente convirtiendo de mm. a dm.

$$=+((B45^2-B44^2)*PI()/4)*B46*0.00000786*B49$$

Peso Contrab. = Calcula el peso de la contrabrida elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.1416/4, por el peso específico del acero y por el espesor, previamente convirtiendo de mm. a dm.

$$=+((E45^2-E44^2)*PI()/4)*E46*0.00000786*B49$$

Peso Bote = Calcula el peso del bote, obteniendo el desarrollo del mismo al multiplicar su diam. por 3.1416, por la suma de alturas de los botes de H1,H2,H3, por el peso específico del acero y por el espesor, previamente convirtiendo de mm. a dm.

$$=+PI()*B44*B54*(B51+B52+B53)*0.00000786$$

Peso Fondo = Calcula el peso de los fondos de los botes para TC's. elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.14159/4, por el peso específico del acero, por el espesor y por la cantidad de botes. previamente convirtiendo de mm. a dm.

$$=+((B44^2-B48^2)*PI()/4)*B47*0.00000786*B49$$

Total = Calcula el peso del conjunto de las bridas + contrabridas + botes y su fondo, sumando los pesos individuales.

$$=SUMA(E48:E51)$$

**Cálculos de los Acc's. Boquillas B.T. (X1,X2,X3)****Brida soldada Proceso / Formula:**

**Diam. int.** = Cacula el diámetro interior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en baja tensión, si es igual a cero, toma el valor del diámetro exterior de la boquilla y súmalo 10 mm. de huelgo, sino toma el valor máximo del diámetro exterior de los TC's. de baja tensión y súmalo 30 mm. de huelgo.

$$=SI(MAX('Datos\grales'!F95:I95,'Datos\grales'!F100:I100)=0,('Datos\grales'!D107)+10, MAX('Datos\grales'!F95:I95,'Datos\grales'!F100:I100)+30)$$

**Diam. ext.** = Cacula el diámetro exterior de la brida, de Datos generales revisa si lleva TC's. en boquillas de baja tensión, comparando contra "cero" los valores de diámetro exterior de TC's. en baja tensión, si es igual a cero, suma 120 mm. al diam.int. de la brida, sino toma el valor máximo del diámetro exterior TC's. en baja tensión y súmalo 150 mm.

$$=SI(MAX('Datos\grales'!F95:I95,'Datos\grales'!F100:I100)=0,(H44+120),MAX('Datos\grales'!F95:I95,'Datos\grales'!F100:I100)+150)$$

**Espesor** = De la hoja de Datos generales toma el dato si lleva tanque conservador el transformador, de ser sí el espesor de la brida soldada será de 31.8 mm., y de ser no será de 12.7 mm., o de lo contrario despliega el texto "No especifica preservacion".

$$=SI('Datos\grales'!C13="S",31.8,SI('Datos\grales'!C13="N",12.7,"No especifica preservacion"))$$

**Dia.int.fondo** = Cacula el diámetro interior del fondo del bote contenedor de TC's. obteniendo de Datos generales el máximo valor de diámetro interior de TC's. en baja tensión y súmalo 10 mm. para tolerancia.

$$=MAX('Datos\grales'!F94:I94,'Datos\grales'!F99:I99)+10$$

**Cantidad** = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de boquillas para baja tensión.

$$='Datos\grales'!D106$$

**Long. de Botes X1** = Cacula la longitud requerida de bote para TC's. en X1, si de Datos generales la cantidad de TC's. en X1 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

$$=SI('Datos\grales'!F93=0,50,('Datos\grales'!F93*'Datos\grales'!F96)+('Datos\grales'!F98*'Datos\grales'!F101)+(((('Datos\grales'!F93+'Datos\grales'!F98)+1)*3.2)-H46+12.7)$$

**Long. de Botes X2** = Cacula la longitud requerida de bote para TC's. en X2, si de Datos generales la cantidad de TC's. en X2 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

$$=SI('Datos\grales'!G93=0,50,('Datos\grales'!G93*'Datos\grales'!G96)+('Datos\grales'!G98*'Datos\grales'!G101)+(((('Datos\grales'!G93+'Datos\grales'!G98)+1)*3.2)-H46+12.7)$$

**Long. de Botes X3** = Cacula la longitud requerida de bote para TC's. en X3, si de Datos generales la cantidad de TC's. en X3 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

$$=SI('Datos\grales'!H93=0,50,('Datos\grales'!H93*'Datos\grales'!H96)+('Datos\grales'!H98*'Datos\grales'!H101)+(((('Datos\grales'!H93+'Datos\grales'!H98)+1)*3.2)-H46+12.7)$$

**Contrabrida desmont. Proceso / Formula:**

Diam. int. = Calcula el diámetro interior de la contrabrida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en baja tensión, si es igual a cero, entonces es igual a cero para considerarla como tapa ciega. sino toma el valor calculado del diámetro interior del fondo del bote.  
 $=+SI(MAX('Datos\grales'!F95;I95,'Datos\grales'!F100;I100)=0,0,Pesos!H48)$

Diam. ext. = Calcula el diámetro exterior de la contrabrida, que será igual al diámetro exterior de la brida.  
 $=H45$

Peso Brida = Calcula el peso de la brida elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.14159/4, por el peso específico del acero y por el espesor. previamente convirtiendo de mm. a dm.  
 $=+((H45^2-H44^2)*PI()/4)*H46*0.00000786*H49$

Peso Contrab. = Calcula el peso de la contrabrida elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.1416/4, por el peso específico del acero y por el espesor. previamente convirtiendo de mm. a dm.  
 $=+((H45^2-K44^2)*PI()/4)*K46*0.00000786*H49$

Peso Bote = Calcula el peso del bote, obteniendo el desarrollo del mismo al multiplicar su diam. por 3.1416, por la suma de alturas de los botes de X1;X2;X3, por el peso específico del acero y por el espesor, previamente convirtiendo de mm. a dm.  
 $=+PI()*H44*H54*(H51+H52+H53)*0.00000786$

Peso Fondo = Calcula el peso de los fondos de los botes para TC's. elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.14159/4, por el peso específico del acero, por el espesor y por la cantidad de botes. previamente convirtiendo de mm. a dm.  
 $=+((H44^2-H48^2)*PI()/4)*H47*0.00000786*H49$

Total = Calcula el peso del conjunto de las bridas + contrabridas + botes y su fondo, sumando los pesos individuales para baja tensión.  
 $=SUMA(K47;K50)$

**Brida soldada****Cálculos de los Acc's. Boquilla del neutro de A.T. (Ho)****Proceso / Formula:**

Diam. int. = Calcula el diámetro interior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en el neutro de alta tensión, si es igual a cero, toma el valor de cero, sino toma el valor máximo del diámetro exterior de TC s. del neutro de alta tensión y súmale 30 mm. de huelmo.  
 $=+SI(MAX('Datos\grales'!N95,'Datos\grales'!N100)=0,('Datos\grales'!G107)+10,MAX('Datos\grales'!N,'Datos\grales'!N100)+30)$

← Nota: SI ES 10 mm. SIGNIFICA QUE NO HAY TC'S EN LA BOQ. Ho

Diam. ext. = Calcula el diámetro exterior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en el neutro de alta tensión, si es igual a cero, toma el valor del máximo diámetro máximo de la boquilla y le suma 130 mm., sino toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. del neutro de alta tensión y súmale 150 mm. de ceja para maquinarse agujeros y ranura para empaque.  
 $=+SI(MAX('Datos\grales'!N95;N100)=0,('Datos\grales'!G107)+130,MAX('Datos\grales'!N95;N100)+150)$

Espesor = De la hoja de Datos generales toma el dato si lleva tanque conservador el transformador, de ser sí el espesor de la brida soldada será de 31.8 mm., y de ser no será de 12.7 mm., o de lo contrario despliega el texto "No especifica preservación"  
 $=SI('Datos\grales'!C13="S",31.8,SI('Datos\grales'!C13="N",12.7,"No especifica Preservación"))$

Dia. int. Fondo = Calcula el diámetro interior del fondo del bote contenedor de TC's. obteniendo de Datos generales el máximo valor de cantidad de TC s. en el neutro de alta tensión, si es cero, toma el valor de cero, sino toma el máximo valor de diámetro int. del TC. y sumale 10 mm. para tolerancia.  
 $=+SI(MAX('Datos\grales'!N93;N98)=0,0,MAX('Datos\grales'!N94;N99)+10)$

Long. del Bote Ho = Calcula la longitud requerida de bote para TC's. en Ho, si de Datos generales la cantidad de TC's. en Ho es cero, entonces es igual a cero, sino calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

$$=SI('Datos\grales'\!N93=0,0,('Datos\grales'\!N93*'Datos\grales'\!N96)+('Datos\grales'\!N98*'Datos\grales'\!N101)+(((\!N93+\!N98)+1)*3.2)-B60+12.7))$$

**Contrabrida desmont. Proceso / Formula:**

Diam. int. = Calcula el diámetro interior de la contrabrida. de Datos generales verifica si lleva TC's. en la boquilla del neutro de alta tensión, si es igual a cero, entonces es igual a cero para considerarla como tapa ciega, sino. de Datos generales toma el valor del máximo diámetro exterior de la coña de la boquilla y súmale 10 mm. para tolerancia de montaje.

$$=SI('Datos\grales'\!N93=0,0,'Datos\grales'\!G107+10)$$

Diam. ext. = Calcula el diámetro exterior de la contrabrida. que será igual al diámetro exterior de la brida.

$$=B59$$

Peso Brida = Calcula el peso de la brida para boquilla Ho, verifica de Datos generales si lleva TC's, si es cero, el peso es cero, sino con los valores de diam. exterior e interior de la brida, así como espesor y peso específico calcula el peso correspondiente.

$$=SI(B59=0,0,((B59^2-B58^2)*PI()/4)*B60*0.00000786)$$

Peso Contrabrida = Calcula el peso de la contrabrida para boquilla Ho, verifica de Datos generales si lleva TC's, si es cero, el peso es cero, sino con los valores de diam. exterior e interior de la contrabrida, así como espesor y peso específico calcula el peso correspondiente.

$$=SI(E59=0,0,((E59^2-E58^2)*PI()/4)*E60*0.00000786)$$

Peso Bote = Calcula el peso del bote contenedor de TC's para el neutro de alta tensión Ho, multiplicando el diámetro interior de la brida por 3.14159265359 por la longitud del bote y por el espesor de la placa para fabricarlo, multiplicándolo al último por el peso específico del acero.

$$=+PI()*B58*B65*B66*0.00000786$$

Peso Fondo = Calcula el peso del fondo del bote contenedor de TC's para el neutro de alta tensión Ho, elevando al cuadrado el diámetro interior de la brida que es igual al diámetro interior del bote menos el diámetro interior del fondo, multiplicando por 3.14159265359 entre cuatro por el espesor del fondo del bote por el peso específico del acero.

$$=+((B58^2-B62^2)*PI()/4)*B61*0.00000786$$

Total = Calcula el peso del conjunto de las bridas + contrabridas + botes y su fondo, multiplicándolo por la cantidad de boquilla del neutro de alta tensión.

$$=(SUMA(E62:E65))*('Datos\grales'\!G106)$$

**Cálculos de los Acc's. Boquilla del neutro de B.T. (Xo)**

**Brida soldada Proceso / Formula:**

Diam. int.= Calcula el diámetro interior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en el neutro de baja tensión, si es igual a cero, toma el valor de cero, sino toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. del neutro de alta tensión y súmale 30 mm. de huelmo

$$=+SI(MAX('Datos\grales'\!O95,O100)=0,('Datos\grales'\!F107)+10,MAX('Datos\grales'\!O95,O100)+30)$$

← Nota: SI ES 10 mm. SIGNIFICA QUE NO HAY TC'S EN LA BOQ. Xo

Diam. ext. = Calcula el diámetro exterior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en el neutro de baja tensión, si es igual a cero, toma el valor del máximo diámetro de la boquilla y le suma 130 mm., sino toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. del neutro de alta tensión y súmale 150 mm. de ceja para maquinar agujeros y ranura para empaque

$$=+SI(MAX('Datos\grales'\!O95,O100)=0,('Datos\grales'\!F107)+130,MAX('Datos\grales'\!O95,O100)+150)$$

Espeor = De la hoja de Datos generales toma el dato si lleva tanque conservador el transformador, de ser sí el espesor de la brida soldada será de 31.8 mm., y de ser no será de 12.7 mm., o de lo contrario despliega el texto "No especifica preservación".

=SI('Datos grales'!C13="S",31.8,SI('Datos grales'!C13="N",12.7,"No especifica preservación"))

Dia. int. fondo = Cacula el diámetro interior del fondo del bote contenedor de TC's. obteniendo de Datos generales el máximo valor de cantidad de TC's. en el neutro de baja tension. si es cero, toma el valor de cero, sino toma el máximo valor de diámetro int. del TC. y súmalo 10 mm. para tolerancia.

=+SI(MAX('Datos grales'!O93,O98)=0,0,MAX('Datos grales'!O94,O99)+10)

Long. del Bote Xo = Cacula la longitud requerida de bote para TC's. en Xo, si de Datos generales la cantidad de TC's. en Xo es cero, entonces es igual a cero, sino calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

=SI('Datos grales'!O93=0,0,{'Datos grales'!O93\*'Datos grales'!O96}+('Datos grales'!O98\*'Datos grales'!O101)+({'Datos grales'!O93+'Datos grales'!O98)+1}\*3.2)-H60+12.7))

#### Contrabrida desmont. Proceso / Formula:

Diam. int. = Cacula el diámetro interior de la contrabrida, de Datos generales verifica si lleva TC's. en la boquilla del neutro de baja tensión, si es igual a cero, entonces es igual a cero para considerarla como tapa ciega, sino. de Datos generales toma el valor del máximo diámetro exterior de la cola de la boquilla Xo y súmalo 10 mm. para tolerancia de montaje.

=SI('Datos grales'!O93=0,0,'Datos grales'!F107+10)

Diam. ext. = Cacula el diámetro exterior de la contrabrida, que será igual al diámetro exterior de la brida.

=H59

Peso Brida = Calcula el peso de la brida para boquilla Xo, verifica de Datos generales si lleva TC's, si es cero, el peso es cero, sino con los valores de diam. exterior e interior de la brida, así como espesor y peso específico calcula el peso correspondiente.

=SI((H59=0;0;((H59^2-H58^2)\*PI()/4)\*H60\*0.0000786)

Peso Contrabrida = Calcula el peso de la contrabrida para boquilla Xo, verifica de Datos generales si lleva TC's, si es cero, el peso es cero, sino con los valores de diam. exterior e interior de la contrabrida, así como espesor y peso específico calcula el peso correspondiente

=SI((K59=0;0;((K59^2-K58^2)\*PI()/4)\*K60\*0.0000786)

Peso Bote = Calcula el peso del bote contenedor de TC's para el neutro de alta tensión Ho, multiplicando el diámetro interior de la brida por 3.14159265359 por la longitud del bote y por el espesor de la placa para fabricarlo, multiplicándolo al último por el peso específico del acero.

=+PI()\*H58\*H65\*H66\*0.0000786

Peso Fondo = Calcula el peso del fondo del bote contenedor de TC's para el neutro de baja tensión Xo, elevando al cuadrado el diámetro interior de la brida que es igual al diámetro interior del bote menos el diámetro interior del fondo, multiplicando por 3.14159265359 entre cuatro por el espesor del fondo del bote por el peso específico del acero.

=+((H58^2-H62^2)\*PI()/4)\*H61\*0.0000786

Total = Calcula el peso del conjunto de las bridas + contrabridas + botes y su fondo, multiplicándolo por la cantidad de boquilla del neutro de baja tensión.

=SI(H58=30;0;SUMA(K62;K65))

**Cálculos de los Acc's. Boquilla del Terciario (Y1/Y2/Y3)****Brida soldada Proceso / Formula:**

Diam. int. = *Cacula el diámetro interior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en el terciario, si es igual a cero, toma el valor del diámetro exterior de la boquilla y súmalo 10 mm. de huelgo, sino toma el valor máximo del diámetro exterior de los TC's. del terciario y súmalo 30 mm. de huelgo.*

$$=SI(MAX('Datos\grales!J95:L95,'Datos\grales!J100:L100)=0,('Datos\grales!E107)+10, MAX('Datos\grales!J95:L95,'Datos\grales!J100:L100)+30)$$

Diam. ext. = *Cacula el diámetro exterior de la brida, de Datos generales revisa si lleva TC's. en boquillas del terciario, comparando contra "cero" los valores de diámetro exterior de TC's. en el mismo, si es igual a cero, suma 120 mm. al diam.int. de la brida, sino toma el valor máximo del diámetro exterior TC's. en el terciario y sumale 150 mm para ceja.*

$$=+SI(MAX('Datos\grales!J95:L95,'Datos\grales!J100:L100)=0,(B70+120),MAX('Datos\grales!J95:L95,'Datos\grales!J100:L100)+150)$$

Espesor = *De la hoja de Datos generales toma el dato si lleva tanque conservador el transformador, de ser sí el espesor de la brida soldada será de 31.8 mm., y de ser no será de 12.7 mm., o de lo contrario despliega el texto "No especifica preservacion".*

$$=SI('Datos\grales!C13="S",31.8,SI('Datos\grales!C13="N",12.7,"No especifica preservacion"))$$

Dia.int.fondo = *Cacula el diámetro interior del fondo del bote contenedor de TC's. obteniendo de Datos generales el máximo valor de diámetro interior de TC's. en el terciario y súmalo 10 mm. para tolerancia.*

$$=+MAX('Datos\grales!J94:L94,'Datos\grales!J99:L99)+10$$

Cantidad = *De la hoja de Datos generales toma la cantidad de boquillas para el terciario.*

$$=+'Datos\grales!E106$$

Long. de Botes Y1 = *Cacula la longitud requerida de bote para TC's. en Y1, si de Datos generales la cantidad de TC's. en Y1 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales más uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.*

$$=SI('Datos\grales!J93=0,50,('Datos\grales!J93'*'Datos\grales!J96)+('Datos\grales!J98'*'Datos\grales!J101)+(((('Datos\grales!J93+'Datos\grales!J98)+1)*3.2)-H72+12.7)$$

Long. de Botes Y2 = *Cacula la longitud requerida de bote para TC's. en Y2, si de Datos generales la cantidad de TC's. en Y2 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales mas uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.*

$$=SI('Datos\grales!K93=0,50,('Datos\grales!K93'*'Datos\grales!K96)+('Datos\grales!K98'*'Datos\grales!K101)+(((('Datos\grales!K93+'Datos\grales!K98)+1)*3.2)-H72+12.7)$$

Long. de Botes Y3 = *Cacula la longitud requerida de bote para TC's. en Y3, si de Datos generales la cantidad de TC's. en Y3 es cero, entonces es igual a 50 mm., sino, calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales mas uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.*

$$=SI('Datos\grales!L93=0,50,('Datos\grales!L93'*'Datos\grales!L96)+('Datos\grales!L98'*'Datos\grales!L101)+(((('Datos\grales!L93+'Datos\grales!L98)+1)*3.2)-H72+12.7)$$

**Contrabrida desmont. Proceso / Formula:**

Diam. int. = *Cacula el diámetro interior de la contrabrida, de Datos generales toma el valor maximo del diámetro exterior de TC's. en baja tension, si es igual a cero, entonces es igual a cero para considerarla como tapa ciega, sino toma el valor calculado del diametro interior del fondo del bote*

$$=+SI(MAX('Datos\grales!J95:L95,'Datos\grales!J100:L100)=0,0,Pesos!B74)$$

Diam. ext. = *Cacula el diámetro exterior de la contrabrida, que será igual al diámetro exterior de la brida.*

$$=B71$$

- Peso Brida = Calcula el peso de la brida elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.14159/4, por el peso específico del acero y por el espesor, previamente convirtiendo de mm. a dm.  

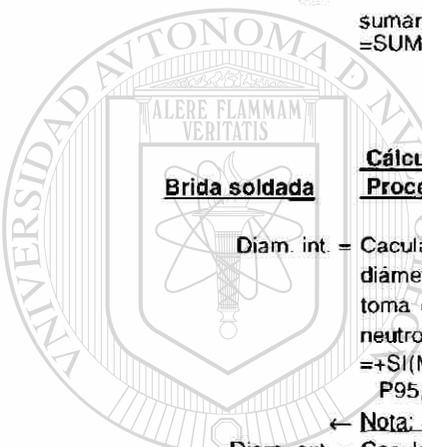
$$= ((B71^2 - B70^2) * \pi / 4) * B72 * 0.0000786 * B75$$
- Peso Contrab. = Calcula el peso de la contrabrida elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.1416/4, por el peso específico del acero y por el espesor, previamente convirtiendo de mm. a dm.  

$$= ((E71^2 - E70^2) * \pi / 4) * E72 * 0.0000786 * B75$$
- Peso Bote = Calcula el peso del bote, obteniendo el desarrollo del mismo al multiplicar su diam por 3.1416, por la suma de alturas de los botes de Y1;Y2;Y3, por el peso específico del acero y por el espesor, previamente convirtiendo de mm. a dm.  

$$= \pi * B70 * B80 * (B77 + B78 + B79) * 0.0000786$$
- Peso Fondo = Calcula el peso de los fondos de los botes para TC's. elevando al cuadrado el diam. ext., restando el cuadrado del diam. int., multiplicando por 3.14159/4, por el peso específico del acero, por el espesor y por la cantidad de botes, previamente convirtiendo de mm. a dm.  

$$= ((B70^2 - B74^2) * \pi / 4) * B73 * 0.0000786 * B75$$
- Total = Calcula el peso del conjunto de las bridas + contrabridas + botes y su fondo, sumando los pesos individuales para el tercio.  

$$= \text{SUMA}(E75:E78)$$



### Brida soldada

### Cálculos de los Acc's. Boquilla del neutro común de A.T. y B.T. (HoXo)

#### Proceso / Formula:

Diam. int. = Calcula el diámetro interior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en el neutro común de alta y baja tensión. si es igual a cero, toma el valor de cero, sino toma el valor máximo del diámetro exterior de TC s. del neutro común y súmalo 30 mm. de huelgo.

$$= \text{SI}(\text{MAX}(\text{Datos grales!P95,P100})=0, (\text{Datos grales!H107})+10, \text{MAX}(\text{Datos grales!P95,P100})+30)$$

← Nota: SI ES 10 mm. SIGNIFICA QUE NO HAY TC'S EN LA BOQ. Xo

Diam. ext. = Calcula el diámetro exterior de la brida, de Datos generales toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. en el neutro común, si es igual a cero, toma el valor del máximo diámetro de la boquilla y le suma 130 mm., sino toma el valor máximo del diámetro exterior de TC's. del neutro común y súmalo 150 mm. de ceja para maquinar agujeros y ranura para empaque.

$$= \text{SI}(\text{MAX}(\text{Datos grales!P95,P100})=0, (\text{Datos grales!H107})+130, \text{MAX}(\text{Datos grales!P95,P100})+150)$$

Espesor = De la hoja de Datos generales toma el dato si lleva tanque conservador el transformador, de ser si el espesor de la brida soldada será de 31.8 mm., y de ser no será de 12.7 mm., o de lo contrario despliega el texto "No especifica preservacion"  

$$= \text{SI}(\text{Datos grales!C13}="S", 31.8, \text{SI}(\text{Datos grales!C13}="N", 12.7, \text{"No especifica preservacion"}))$$

Dia. int. fondo = Calcula el diámetro interior del fondo del bote contenedor de TC's. obteniendo de Datos generales el máximo valor de cantidad de TC's en el neutro común, si es cero. toma el valor de cero, sino toma el máximo valor de diámetro int. del TC. y súmalo 10 mm para tolerancia.

$$= \text{SI}(\text{MAX}(\text{Datos grales!P93,P98})=0, 0, \text{MAX}(\text{Datos grales!P94,P99})+10)$$

Long. del Bote HoXo = Calcula la longitud requerida de bote para TC's. en HoXo, si de Datos generales la cantidad de TC's. en HoXo es cero, entonces es igual a cero, sino calcula la longitud multiplicando la cantidad de TC's. por su espesor y los sumas, agregándole el espesor de aislante entre TC's. de 3.2 mm. multiplicado por el número de TC's. totales mas uno, menos el espesor de la brida más 12.7 mm. de tolerancia.

$$= \text{SI}(\text{Datos grales!P93}=0, 0, ((\text{Datos grales!P93} * \text{Datos grales!P96}) + (\text{Datos grales!P98} * \text{Datos grales!P101}) + (((\text{Datos grales!P93} + \text{Datos grales!P98} + 1) * 3.2) - \text{H72} + 12.7))$$

**Contrabrida desmont. Proceso / Formula:**

Diam. int. = Calcula el diámetro interior de la contrabrida. de Datos generales verifica si lleva TC's. en la boquilla del neutro común, si es igual a cero, entonces es igual a cero para considerarla como tapa ciega, sino, de Datos generales toma el valor del máximo diámetro exterior de la cola de la boquilla HoXo y súmale 10 mm. para tolerancia de montaje.

$$=SI('Datos\grales'!P93=0,0,'Datos\grales'!H107+10)$$

Diam. ext. = Calcula el diámetro exterior de la contrabrida, que será igual al diámetro exterior de la brida.

$$=H71$$

Peso Brida = Calcula el peso de la brida para boquilla HoXo, verifica de Datos generales si lleva TC's, si es cero, el peso es cero, sino con los valores de diam. exterior e interior de la brida, así como espesor y peso específico calcula el peso correspondiente.

$$=SI(H71=0;0;((H71^2-H70^2)*PI()/4)*H72*0.00000786)$$

Peso Contrabrida = Calcula el peso de la contrabrida para boquilla HoXo, verifica de Datos generales si lleva TC's, si es cero, el peso es cero, sino con los valores de diam. exterior e interior de la contrabrida, así como espesor y peso específico calcula el peso correspondiente.

$$=SI(K71=0;0;((K71^2-K70^2)*PI()/4)*K72*0.00000786)$$

Peso Bote = Calcula el peso del bote contenedor de TC's para el neutro común HoXo, multiplicando el diámetro interior de la brida por 3.14159265359 por la longitud del bote y por el espesor de la placa para fabricarlo, multiplicándolo al último por el peso específico del acero

$$=+PI()*H70*H77*H78*0.00000786$$

Peso Fondo = Calcula el peso del fondo del bote contenedor de TC's para el neutro común HoXo, elevando al cuadrado el diámetro interior de la brida que es igual al diámetro interior del bote menos el diámetro interior del fondo, multiplicando por 3.14159265359 entre cuatro por el espesor del fondo del bote por el peso específico del acero.

$$=+((H70^2-H74^2)*PI()/4)*H73*0.00000786$$

Total = Calcula el peso del conjunto de las bridas + contrabridas + botes y su fondo, multiplicándolo por la cantidad de boquilla del neutro común de alta tensión y baja tensión.

$$=SI(H70=30;0;SUMA(K75:K78))$$

**Cálculos de los Registros hombre****Brida soldada Proceso / Formula:**

Cantidad = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de registros hombre que llevara el transformador.

$$=+'Datos\grales'!C33$$

Extension = De la hoja de Datos generales toma el valor de la altura de extensión de Registros hombre.

$$=+'Datos\grales'!C34$$

Esp. brida = De la hoja de Datos generales toma el dato si lleva tanque conservador el transformador, de ser sí el espesor de la brida para registro sera de 31.8 mm., y de ser no será de 12.7 mm., o de lo contrario despliega el texto "No especifica preservacion"

$$=SI('Datos\grales'!C13="S",31.8,12.7)$$

Total = Calcula el peso del conjunto de registros hombre, cuyo diámetro exterior estandar es 702 mm. Y 550 mm. Diámetro interior, multiplicándolo por su espesor, más el peso de la extensión y todo multiplicado por la cantidad de registros, además de agregarle 39 kgs. del peso de la tapa.

$$=(39+(702^2-550^2)*PI()/4*B85*0.00000786+0.112*B84)*B83$$

**Cálculos centralizado de los pesos de la tapa del transformador.****Brida soldada** **Proceso / Formula:**

- Peso placa+ref's. = Copia el valor del peso de la tapa de dos aguas incluyendo sus refuerzos, para centralizar la información.  
=+K40
- Peso botes A.T. = Copia el valor del peso de los botes para TC's. de alta tensión, para centralizar la información.  
=+E51
- Peso botes B.T. = Copia el valor del peso de los botes para TC's. de baja tensión, para centralizar la información.  
=+K51
- Peso botes Y = Copia el valor del peso de los botes para TC's. del terciario, para centralizar la información.  
=+E80
- Sub-total = Calcula el subtotal, sumando el peso de placa de la tapa más sus refuerzos; el peso de los botes para TC's. de A.T., B.T., Y  
=SUMA(E83:E86)
- Peso Bote Ho = Copia el valor del peso del bote para TC's. del neutro de alta tensión, para centralizar la información.  
=+E66
- Peso Bote Xo = Copia el valor del peso del bote para TC's. del neutro de baja tensión, para centralizar la información.  
=+K66
- Peso Bote HoXo = Copia el valor del peso del bote para TC's. del neutro común de alta tensión y baja tensión, para centralizar la información.  
=+K80
- Peso reg. hombre = Copia el valor del peso de los registros hombre que lleva la tapa, para centralizar la información.  
=+B87
- Sub-total = Calcula el subtotal, sumando el peso de los botes para TC's. neutro de A.T., neutro de B.T., neutro común y registros hombre de la tapa.  
=SUMA(H83:H86)
- Total tapa = Calcula el peso total de la tapa y sus accesorios, sumando los subtotales.  
=+H87+E87

**Cálculos de los pesos de los herrajes de la parte viva.****Datos parte viva** **Proceso / Formula:**

- Entre-Ejes = De la hoja de Datos generales toma el valor del entre-ejes de la parte viva.  
=+'Datos grales'!C69
- Alt. Ventana = De la hoja de Datos generales toma el valor de la altura de ventana de la parte viva.  
=+'Datos grales'!C70
- Diam.núcleo = De la hoja de Datos generales toma el valor del diámetro del núcleo de la parte viva.  
=+'Datos grales'!C71

**Herrajes** **Proceso / Formula:**

- Alto = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piernas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente de altura para herraje estandar (columna #2). para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piernas, y efectua el mismo procedimiento.  
=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$D\$527.2),SI('Datos grales'!C75=5,BUSCARV('Datos grales'!C71,Tablash!BD7:CH408.2)))

**Ancho** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piernas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente de ancho para herraje estándar (columna No.3), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piernas, y efectúa el mismo procedimiento.

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$D\$527.3),SI('Datos grales'!C75=5,BUSCARV('Datos grales'!C71,Tablash!BD7:BF408,3)))

**Largo** = Calcula el largo de los herrajes restando 40 mm. al largo interior del tanque principal del transformador de la hoja de Datos generales.

=+('Datos grales'!C6-40)

**Peso** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piernas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso por metro para herraje estándar (columna No.5), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piernas, y efectúa el mismo procedimiento.

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527.5),

SI('Datos grales'!C75=5,BUSCARV('Datos grales'!C71,Tablash!BD7:BH408,5)))

**Total** = Calcula el peso estimado de los herrajes, multiplicando el largo del herraje por cuatro piezas, dividido entre mil para pasar de mm. a mt. Y multiplicando por el peso por metro del perfil de herraje a utilizar.

=+B94\*4/1000\*B95

#### Opresores y pernos Proceso / Formula:

**Cantidad** = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de opresores y pernos a usar.

=+'Datos grales'!F80

**Total** = Calcula el peso del total de opresores estandar considerando que el peso unitario es de 1.5 ka., multipicalo por la cantidad de opresores.

=E97\*E98

#### Sujeción parte viva Proceso / Formula:

**Cantidad** = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de sujeciones parte viva.

=+'Datos grales'!F81

**Peso unit.** = Calcula como información adicional el peso unitario de las sujeciones parte viva dividiendo el peso total entre la cantidad.

=H99/H97

**Total** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piernas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso total de la sujeción parte viva para herraje estándar (columna No.38), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piernas, y efectúa el mismo procedimiento.

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527.38),

SI('Datos grales'!C75=5,Tablash!CS15,"no especifica"))

#### Orejas para izaje Proceso / Formula:

**Peso unitano** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piernas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso unitario de las orejas para izaje de parte viva en herrajes estándar (columna No.19), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piernas, y efectúa el mismo procedimiento.

=+BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527.19)

**Total** = Calcula el peso total de las orejas para izaje de parte viva, multiplicando el peso unitario por la cantidad de piezas.

=K95\*K96

**Base parte viva      Proceso / Formula:**

**Largo** = De la hoja de Datos generales toma el diámetro del núcleo, y busca en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente al largo de la base parte viva en herrajes estándar (columna No.7).

=+BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527,7)

**Ancho** = De la hoja de Datos generales toma el diámetro del núcleo, y busca en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente al ancho de la base parte viva en herrajes estándar (columna No.8).

=+BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527,8)

**Espesor** = De la hoja de Datos generales toma el diámetro del núcleo, y busca en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente al espesor de la base parte viva en herrajes estándar (columna No.9).

=+BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527,9)

**Total** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piemas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso de la base parte viva en herrajes estándar (columna No.10), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, y multiplícalo por tres bases parte viva, sino verifica para cinco piemas y desplégalo, sino despliega el texto "no especifica".

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527,10)  
\*3,SI('Datos grales'!C75=5,Tablash!CS10,"no especifica"))

**Tirantes****Proceso / Formula:**

**Total** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piemas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso del peso de los tirantes de parte viva en herrajes estándar (columna No.29), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piemas y desplégalo, sino despliega el texto "no especifica".

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527,29),  
SI('Datos grales'!C75=5,Tablash!CS13,"no especifica"))

**Accesorios****Proceso / Formula:**

**Cajas lateral** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piemas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso de las cajas laterales de la parte viva, en herrajes estándar (columna No.14), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piemas y desplégalo, sino despliega el texto "no especifica".

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527,14),  
SI('Datos grales'!C75=5,Tablash!CS11,"no especifica"))

**cajas transv.** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piemas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso de las cajas transversales de la parte viva, en herrajes estándar (columna No.18), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piemas y desplégalo, sino despliega el texto "no especifica".

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527,18)  
\*3,SI('Datos grales'!C75=5,Tablash!CS12,"no especifica"))

**Apoyos** = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres piemas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso de los apoyos de la parte viva, en herrajes estándar (columna No.40), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piemas y desplégalo, sino despliega el texto "no especifica".

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527,40),  
SI('Datos grales'!C75=5,Tablash!CS18,"no especifica"))

tensores = De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres premas, de ser verdadero buscar en la hoja de tablas de herrajes (Tablash), el valor correspondiente del peso de los tensores de la parte viva, en herrajes estándar (columna No.32), para el diámetro de núcleo dado en la hoja de Datos generales, sino verifica para cinco piernas y desplégalo, sino despliega el texto "no específica".

=SI('Datos grales'!C75=3,BUSCARV('Datos grales'!\$C\$71,Tablash!\$A\$6:\$AN\$527.32), SI('Datos grales'!C75=5,Tablash!CS17,"no específica"))

Total = Calcula el peso total de accesorios de herrajes, sumando el peso de las cajas laterales, cajas transversales, apoyos y tensores.  
=SUMA(K100:K103)

#### Peso total de herrajes Proceso / Formula:

Peso total herrajes = de De la hoja de Datos generales verifica si el núcleo de la parte viva es de tres premas, de ser verdadero calcula el peso total de los herrajes sumando: el peso de los herrajes, más el peso de las bases parte viva, más el peso de opresores y pernos, más el peso de las sujeciones parte viva-tanque, más el peso de los tirantes, más el peso de accesorios y el peso de las orejas de izaje, de lo contrario si es de cinco piernas directamente despliega de las tablas de herrajes estándar el peso correspondiente para el diámetro de núcleo, sino despliega la leyenda "no específica".

=SI('Datos grales'!C75=3,(B100+E104+E97+H97+H100+K104+K97),SI('Datos grales'!C75=5,Tablash!CS19,"no específica"))

#### Cálculos de los pesos en base a datos de diseño eléctrico.

##### Parte viva principal Proceso / Formula:

Cobre = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de cobre que lleva el transformador principal y desplégalo.

=+'Datos grales'!I70

Silicio = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de acero al silicio que lleva el transformador principal y desplégalo.

=+'Datos grales'!I71

Encintados = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de encintado del cobre que lleva el transformador principal y desplégalo.

=+'Datos grales'!I72

Aislam. = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de aislamientos que lleva el transformador principal y desplégalo.

=+'Datos grales'!I73

##### Parte viva del reactor Proceso / Formula:

Cobre = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de cobre que lleva el reactor y desplégalo.

=+'Datos grales'!M70

Silicio = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de acero al silicio que lleva el reactor y desplégalo.

=+'Datos grales'!M71

Encintados = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de encintado del cobre que lleva el reactor y desplégalo.

=+'Datos grales'!M72

Aislam. = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de aislamientos que lleva el reactor y desplégalo.

=+'Datos grales'!M73

Herrajes = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de herrajes que lleva el reactor y desplégalo.

=+'Datos grales'!M74

Total Reactor = Calcula el peso total de la parte viva del reactor, sumando los pesos de cobre, silicio, encintado, aislamientos y herrajes.

=SUMA(E114:E118)

**Cálculos de los pesos en base a datos obtenidos del armado interno.****Armado interno      Proceso / Fórmula:**

**Blocks** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de block estimados del armado interno y desplégalo.

=+'Datos grales'!C80

**Cobre** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de cobre extra estimados del armado interno y desplégalo.

=+'Datos grales'!C81

**Soportes** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de cobre extra estimados del armado interno y desplégalo.

=+'Datos grales'!C82

**Encintados** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de encintados estimados del armado interno y desplégalo.

=+'Datos grales'!C83

**Aislam.** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de aislamientos estimados del armado interno y desplégalo.

=+'Datos grales'!C84

**Camb. sin carga** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. del cambiador de derivaciones sin carga del armado interno y desplégalo.

=+'Datos grales'!C85

**Parte viva del serie      Proceso / Fórmula:**

**Cobre** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de cobre que lleva el transformador en serie y desplégalo.

=+'Datos grales'!P70

**Silicio** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de acero al silicio que lleva el transformador en serie y desplégalo.

=+'Datos grales'!P71

**Encintados** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de encintado del cobre que lleva el transformador en serie y desplégalo.

=+'Datos grales'!P72

**Aislam.** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de aislamientos que lleva el transformador en serie y desplégalo.

=+'Datos grales'!P73

**Herrajes** = De la hoja de Datos generales toma el valor de los kgs. de herrajes que lleva el transformador en serie y desplégalo.

=+'Datos grales'!P74

**Total serie** = Calcula el peso total de la parte viva del transformador en serie, sumando los pesos de cobre; silicio; encintado; aislamientos y herrajes.

=SUMA(K114:K118)

**Parte viva      Proceso / Fórmula:**

**Total P.V.** = Calcula el peso total de la parte viva seca, sumando los pesos de los componentes de la parte viva del transformador principal, más los pesos de los componentes del reactor, más los pesos estimados del armado interno, más el peso de los herrajes de la parte viva del transformador principal y más los pesos de los componentes del transformador en serie.

=+SUMA(B114:B117)+SUMA(E114:E118)+SUMA(H114:H119)+D106+K119

**P.V. impregnada** = Calcula el peso total de la parte viva impregnada de aceite en sus aislamientos, sumando el peso de la parte viva seca más el peso del aceite impregnado, calculado en la sección de cálculo de aceites.

=+K120+J161

**Cálculos de los pesos de los accesorios del transformador****Radiadores****Proceso / Formula:**

- Radiadores = De la hoja de Datos generales toma el dato del tamaño de radiadores y despliégalo.  
 =+Datos grales!C41
- Marca = De la hoja de Datos generales verifica la marca de radiadores a utilizar y despliegala.  
 sino despliega la leyenda "NO EXISTE".  
 =SI("Datos grales!C42=1;"Protec";SI("Datos grales!C42=2;"Tranter";"NO EXISTE"))
- Cantidad = De la hoja de Datos generales toma el valor de cantidad de radiadores y despliegalo.  
 =+Datos grales!C40
- Peso unitario = Verifica la marca de los radiadores, de ser Protec, ve a la hoja "Tablas" y en la columna No.5 localiza el peso unitario correspondiente al tamaño del radiador. De ser marca Tranter busca en la columna No.11 localiza el peso unitario correspondiente al tamaño del radiador, sino despliega la leyenda: "No existe".  
 =SI(\$B\$125="Protec";BUSCARV(\$B\$124;Tablas!\$A\$4:\$L\$253;5);SI(\$B\$125="Tranter";BUSCARV(\$B\$124;Tablas!\$A\$4:\$L\$253;11);"No existe"))
- Volumen rad. = Verifica la marca de los radiadores, de ser Protec, ve a la hoja "Tablas" y en la columna No.6 localiza el volumen unitario correspondiente al tamaño del radiador. De ser marca Tranter busca en la columna No.11 localiza el volumen unitario correspondiente al tamaño del radiador, sino despliega la leyenda: "No existe".  
 =SI(\$B\$125="Protec";BUSCARV(\$B\$124;Tablas!\$A\$4:\$L\$253;6);SI(\$B\$125="Tranter";BUSCARV(\$B\$124;Tablas!\$A\$4:\$L\$253;12);"No existe"))

**Cambiador bajo carga Proceso / Formula:**

- Mando a motor = De la hoja de Datos generales toma el valor del peso del mando a motor (MA-7) si es que lleva el transformador y despliégalo.  
 =+Datos grales!C118
- Tanque y Accs. = De la hoja de Datos generales toma el valor del peso del tanque y accesorios del cambiador bajo carga si es que lleva el transformador y despliégalo.  
 =+Datos grales!C119
- Aceite = De la hoja de Datos generales toma el valor del peso del tanque y accesorios del cambiador bajo carga si es que lleva el transformador y despliegalo.  
 =+Datos grales!C120

**TC's.****Proceso / Formula:**

- A.T.= De la hoja de Datos generales calcula el peso de los TC's. que lleva el transformador en las boquillas de alta tensión, multiplicando la cantidad por el peso en cada uno de  
 =+('Datos grales!C93'\*Datos grales!C97)+('Datos grales!C98'\*Datos grales!C102)+  
 ('Datos grales!D93'\*Datos grales!D97)+('Datos grales!D98'\*Datos grales!D102)+  
 ('Datos grales!E93'\*Datos grales!E97)+('Datos grales!E98'\*Datos grales!E102)
- B.T.= De la hoja de Datos generales calcula el peso de los TC's. que lleva el transformador en las boquillas de baja tensión, multiplicando la cantidad por el peso en cada uno de los tipos de TC's.  
 =+('Datos grales!F93'\*Datos grales!F97)+('Datos grales!F98'\*Datos grales!F102)+  
 ('Datos grales!G93'\*Datos grales!G97)+('Datos grales!G98'\*Datos grales!G102)+  
 ('Datos grales!H93'\*Datos grales!H97)+('Datos grales!H98'\*Datos grales!H102)
- Terciario = De la hoja de Datos generales calcula el peso de los TC's. que lleva el transformador en las boquillas del terciario, multiplicando la cantidad por el peso en cada uno de los tipos de TC's.  
 =+('Datos grales!J93'\*Datos grales!J97)+('Datos grales!J98'\*Datos grales!J102)+  
 ('Datos grales!K93'\*Datos grales!K97)+('Datos grales!K98'\*Datos grales!K102)+  
 ('Datos grales!L93'\*Datos grales!L97)+('Datos grales!L98'\*Datos grales!L102)
- Ho = De la hoja de Datos generales calcula el peso de los TC's. que lleva el transformador en las boquilla del neutro de alta tensión, multiplicando la cantidad por el peso en cada uno de los tipos de TC's.  
 =+('Datos grales!N93'\*Datos grales!N97)+('Datos grales!N98'\*Datos grales!N102)

Xo = De la hoja de Datos generales calcula el peso de los TC's. que lleva el transformador en las boquilla del neutro de baja tensión, multiplicando la cantidad por el peso en cada uno de los tipos de TC's.  
 =+('Datos grales'!O93\*'Datos grales'!O97)+('Datos grales'!O98\*'Datos grales'!O102)

**Boquillas      Proceso / Formula:**

Cantidad A.T. = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de boquillas de alta tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!C106

Peso unit. = De la hoja de Datos generales toma el peso de las boquillas de alta tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!C109

Aparta. (A.T.) = De la hoja de Datos generales toma el peso de los apartarrayos para boquillas de alta tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!C110

Sop.Aparta. (A.T.) = De la hoja de Datos generales toma el peso de los soportes para apartarrayos de boquillas de alta tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!E118

Cantidad B.T. = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de boquillas de baja tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!D106

Peso unit. = De la hoja de Datos generales toma el peso de las boquillas de baja tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!D109

Aparta. (B.T.) = De la hoja de Datos generales toma el peso de los apartarrayos para boquillas de baja tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!D110

Sop.Aparta. (B.T.) = De la hoja de Datos generales toma el peso de los soportes para apartarrayos de boquillas de baja tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!E119

Peso Ho = De la hoja de Datos generales toma el peso de la boquilla de neutro de alta tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!G109

Peso Xo = De la hoja de Datos generales toma el peso de la boquilla de neutro de baja tensión que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!F109

Peso HoXo = De la hoja de Datos generales toma el peso de la boquilla de neutro común si es que lleva el transformador y desplégalo.  
 =+'Datos grales'!H106\*'Datos grales'!H109

**Cabezales p/ radiadores      Proceso / Formula:**

Peso cabezales = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva cabezales para bancos de radiadores, de ser cierto, busca en la hoja de tablas (Tablas), el valor correspondiente del peso de los cabezales estándar (columna No.7), para la cantidad de radiadores por cabezal en la hoja de Datos generales, y multiplícalo por la cantidad de cabezales, sino asigna cero.  
 =+SI('Datos grales'!I10="S";'Datos grales'!M45\*(BUSCARV('Datos grales'!M46;Tablas!BL3:BV10;7));0)

Vol. cabezales = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva cabezales para bancos de radiadores, de ser cierto, busca en la hoja de tablas (Tablas), el valor correspondiente al volumen de los cabezales estándar (columna No.11), para la cantidad de radiadores por cabezal en la hoja de Datos generales, y multiplícalo por la cantidad de cabezales, sino asigna cero.  
 =+SI('Datos grales'!I10="S";'Datos grales'!M45\*(BUSCARV('Datos grales'!M46;Tablas!BL3:BV10;11));0)

**Accesorios**      **Cantidad de accesorios e instrumentos**  
**Proceso / Formula:**

- R.M.S. = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva relevador mecánico de sobre presión y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C54
- R.P.S. = De la hoja de Datos generales toma el dato si lleva el transformador relevador de presión súbita y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C55
- I.T.D. = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva indicador de temperatura de los devanados y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C56
- I.T.A. = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva indicador de temperatura del aceite y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C57
- Placa térmica = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva placa térmica y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C58
- E.N.A. (RND) = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva equipo de nitrógeno automático RND y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C59
- E.N.A. (RNC) = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva equipo de nitrógeno automático RNC y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C60
- Manovac. = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva manovacuometro y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C61
- I.T.D. scada = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva indicador de temperatura de los devanados scada y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C63
- I.T.A. scada = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva indicador de temperatura del aceite scada y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C64
- Silica HB5 = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva desecador con silica gel tipo: HB5 y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!C65
- 
- Válvulas (2" Ø) = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de válvulas de 2" diámetro que lleva el transformador y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!I54
- Válvulas (1" Ø) = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de válvulas de 1" diámetro que lleva el transformador y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!I55
- Detector impac. = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de detectores de impacto que lleva el transformador para su embarque y desplieqato.  
 =+'Datos grales'!I56
- Nivel (tanque) = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de niveles de aceite que lleva el transformador y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!I57
- Cajas Central. = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de cajas centralizadas para conexiones que lleva el transformador y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!I58
- Motobombas = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de motobombas que lleva el transformador para el enriamiento forzado y despliéqalo.  
 =+'Datos grales'!I45
- Pasamuros = Calcula la cantidad de pasamuros que lleva el transformador, sumando la cantidad total de TC's. que lleva el transformador en las boquillas, multiplicándolo por cinco puntas terminales de cada TC. y dividiéndolo entre veinte terminales a las que se puede interconectar en el pasamuro  
 =(SUMA('Datos grales'!C93:N93;'Datos grales'!C98:N98)\*5)/20

- Caja núcleo = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de cajas para acceso a la conexión del núcleo a tierra que lleva el transformador y despliégalo.  
=+'Datos grales'!I61
- Ventiladores = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de ventiladores que lleva el transformador para el enfriamiento forzado y despliégalo.  
=+'Datos grales'!C43
- Hydran = De la hoja de Datos generales toma la cantidad de detectores de partes por millón de hidrógeno disueltos en el aceite ( Hydran ) que lleva el transformador y despliégalo.  
=+'Datos grales'!I61
- ENA (Nac.) = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva equipo de nitrógeno automático de fabricación nacional y despliégalo.  
=+'Datos grales'!I63
- Silica-HB6 = De la hoja de Datos generales toma el dato si el transformador lleva desecador con sílica gel tipo: HB6 y despliégalo.  
=+'Datos grales'!I64

#### Conexiones Exteriores Proceso / Formula:

- Gabinete = De la hoja de Datos generales toma el peso del gabinete para conexiones exteriores del transformador y despliégalo.  
=+'Datos grales'!I118
- Condulets = De la hoja de Datos generales toma el peso de los condulets para conexiones exteriores del transformador y despliégalo  
=+'Datos grales'!I119
- Resist. Neutro = De la hoja de Datos generales toma el peso de la resistencia de neutro si es que lleva el transformador y despliégalo.  
=+'Datos grales'!I120

#### Conservador Proceso / Formula:

- Conservador = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto, busca en la hoja del calculo del soporte del conservador (Soporte), el valor correspondiente al peso del cuerpo; el peso de las tapas; el peso de accesorios del conservador y súmalos, sino asigna cero.  
=SI('Datos grales'!C13="S";Soporte!F23+Soporte!F24+Soporte!F17;0)
- Soporte Cons. = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto, busca en la hoja del calculo del soporte del conservador (Soporte), el valor correspondiente al peso de los soportes, sino asigna cero.  
=SI('Datos grales'!C13="S";Soporte!F18;0)
- Vol. Conserv. = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto, busca en la hoja del calculo del conservador (Conservador), el valor correspondiente al volumen del mismo a 25°C, sino asigna cero, sino despliega la leyenda: "No especifica preservación".  
=SI('Datos grales'!C13="S";'Conservador 'N12;SI('Datos grales'!C13="N";0;"No especifica preservación"))
- Tubería = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto, asigna un valor de longitud promedio de 3 mt. para tubería, sino asigna cero, sino despliega la leyenda: "No especifica preservación"  
=SI('Datos grales'!C13="S";(3;0);SI('Datos grales'!C13="N";0;"No especifica preservación"))
- Tubería de venteo = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto, asigna un valor de longitud promedio de 6 mt. para tubería de venteo, sino asigna cero.  
=SI('Datos grales'!C13="S";6;0)
- Tubería de Silica = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto, asigna un valor de longitud promedio de 40 mt. de tubería para conectar la sílica gel, sino asigna cero.  
=SI('Datos grales'!C13="S";40;0)

**Ruedas**      **Proceso / Formula:**

Ruedas = De la hoja de Datos generales toma el peso de las ruedas del transformador, si es que las lleva, y desplégalo.  
 =+Datos grales!C125

**Parte viva**      **Calculo del volumen de la Parte Viva**  
**Proceso / Formula:**

Vol. Herrajes = Calcula el volumen total desplazado por los herrajes, sumando el peso de los herrajes del transformador principal. Más el peso de los herrajes del reactor y mas el peso de los herrajes del transformador serie, si es que lleva ambos, para posteriormente dividir la suma entre el peso específico del acero.  
 =+(D106+E118+K118)/7,86

Vol. Silicio = Calcula el volumen total desplazado por los núcleos, sumando el peso del núcleo del transformador principal, más el peso del núcleo del reactor y más el peso del núcleo del transformador serie, si es que lleva ambos, para posteriormente dividir la suma entre el peso específico del acero al silicio.  
 =+(B115+E115+K115)/7,65

Vol. Cobre = Calcula el volumen total desplazado por los devanados y barras de cobre, sumando el peso del devanado del transformador principal, más el peso del devanado del reactor y más el peso del devanado del transformador serie, si es que lleva ambos, más el peso de las barras de cobre conductoras estimadas en el armado interno preliminar para posteriormente dividir la suma entre el peso específico del cobre.  
 =+(B114+E114+H115+K114)/8,95

Vol. Soportes = Calcula el volumen total desplazado por los soportes de madera utilizados en el armado interno del transformador, dividiendo su peso aproximado entre el peso específico promedio de la madera.  
 =+H116/0,78

Vol. Encint. = Calcula el volumen total desplazado por los encintados aislantes de los devanados, sumando el peso del encintado del devanado del transformador principal, más el peso del devanado del reactor y más el peso del devanado del transformador serie, si es que lleva ambos, más el peso del encintado extra estimado en el armado interno preliminar para posteriormente dividir la suma entre el peso específico promedio de la cinta aislante de papel.  
 =+(B116+E116+H117+K116)/1,15

Vol. Aislam. = Calcula el volumen total desplazado por los aislamientos de los devanados, sumando el peso correspondiente para el transformador principal, más el peso de los aislamientos del reactor y más el peso de los aislamientos del transformador serie, si es que lleva ambos, más el peso de los aislamientos extras estimados en el armado interno preliminar para posteriormente dividir la suma entre el peso específico promedio de los aislantes.  
 =+(B117+E117+H118+K117)/1,22

Vol. Blocks = Calcula el volumen total desplazado por los blocks del transformador principal, al dividir el peso de los blocks entre el peso específico promedio de los mismos.  
 =+H114/1,25

Vol. C.S.C. = Calcula el volumen total desplazado por el cambiador de derivaciones sin carga del transformador principal, al dividir el peso del cambiador entre el peso específico estimado del mismo.  
 =+H119/3

**Calculo de Volúmenes de Aceites****Aceite****Proceso / Formula:**

Tanque = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto. Calcula el volumen de aceite en el tanque multiplicando el largo interior por el ancho interior por la altura interior del tanque, previamente transformando de mm. a dm., sumándole el volumen del fondo falso de la garganta si es que lleva, y adicionándole 1.5 lts. por cada válvula Tranter para radiador que lleva.

Sino de datos generales multiplica el largo interior del tanque por el ancho interior del tanque por la altura al nivel de aceite a 25°C, previamente transformando de mm. a dm., sumándole el volumen del fondo falso de la garganta si es que lleva, y adicionándole 1.5 lts. por cada válvula Tranter para radiador que lleva.

$$=SI('Datos\grales!C13="S";(B4*B5*B6)/1000000+K28+1.5*H131;('Datos\grales!C6" Datos\grales!C7"*Datos\grales!C14)/1000000)+K28+1.5*H131)$$

Radiadores = Calcula el volumen de aceite dentro de los radiadores, transformando previamente de gal. a lts., multiplicando por la cantidad de radiadores y sumándole el volumen de los cabezales para radiador.

$$=+B128*3,785412*B126+E138$$

C.B.C. = Calcula el volumen de aceite dentro del cambiador bajo carga (C.B.C.), transformando de gal. a lts.

$$=+B132*3,785412$$

Conservador = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto, despliega el volumen de aceite del conservador previamente calculado, sino asignale cero.

$$=SI('Datos\grales!C13="S";K138;0)$$

Tubería Cons. = De la hoja de Datos generales verifica si el transformador lleva conservador, de ser cierto, calcula el volumen de aceite dentro de las tuberías de interconexión del tanque principal y el tanque conservador, multiplicando la longitud de dichas tuberías por 4.77 lts./mt. de longitud, sino asignale cero.

$$=SI('Datos\grales!C13="S";K139*4,77;0)$$

Salientes = De la hoja de Datos generales toma el peso de los salientes del transformador, tales como caías para boquillas de A.T.; B.T.; ETC., si es que las lleva y desplégalo.

$$=+'Datos\grales!C126$$

**Resumen global de Pesos y Volúmenes****Volúmenes****Proceso / Formula:**

Radiadores y Cabezales = Despliega el volumen de aceite que llevara el conjunto de radiadores y cabezales de los mismos en litros, posteriormente conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg / lt.) y por ultimo transforma de kg. a lb.

$$=+H146$$

$$=+G153/3,785$$

$$=+G153*0,9$$

$$=+J153*2,204623$$

Cambiador Bajo Carga = Despliega el volumen de aceite que llevara el cambiador bajo carga (C.B.C.) en litros, posteriormente verifica en la hoja de datos generales si el transformador lleva tanque conservador, de ser cierto conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por ultimo transforma de kg. a lb., de no llevar asigna cero.

$$=+H147$$

$$=SI('Datos\grales!C13="S";G155/3,785;0)$$

$$=+G155*0,9$$

$$=+J154*2,204623$$

Conservador = De la hoja de datos generales verifica si el transformador lleva tanque conservador, de ser cierto suma el volumen del conservador más el volumen de las tuberías para su interconexión, conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., de no llevar asigna cero.

```
=SI('Datos grales'!C13="S";H148+H149;0)
=+G155/3.785
=+G155*0.9
=+J155*2.204623
```

Volumen Parte Viva = Calcula el volumen de aceite que desalojara la parte viva sumando: el volumen de los herrajes, más el del núcleo; más el del cobre; más el de los soportes; más el de encintados; más el de aislamientos; más el de bloques y el volumen del cambiador sin carga si es que lo lleva, todo en litros, conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., de no llevar asigna cero.

```
=SUMA(K143:K150)
=+G156/3.785
=+G156*0.9
=+J156*2.204623
```

Volumen aceite bajo = De la hoja de datos generales verifica si el transformador lleva tanque conservador, de no llevar suma el volumen del tanque principal más el volumen de radiadores menos el volumen de parte viva, conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., de llevar conservador asigna cero.

```
=SI('Datos grales'!C13="N";H145+H146-G156;0)
=+G157/3.785
=+G157*0.9
=+J157*2.204623
```

Vol. aceite normal = De la hoja de datos generales verifica si el transformador lleva tanque conservador, de no llevar calcula la variación de volumen de aceite para un cambio de temperatura, de la temperatura baja a la temperatura normal a la que operará el transformador, obteniendo el gradiente de la resta de ambas temperaturas y multiplicando por la constante de dilatación térmica para el aceite ( 0.0075 lt. / °C ) por el volumen total de aceite a nivel bajo, conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., de llevar conservador asigna cero.

```
=SI('Datos grales'!C13="N";(G157*0.00075*(ABS('Datos grales'!C15)+'Datos grales'!
C17)+G157);0)
=+G158/3.785412
=+G158*0.9
=+J158*2.204623
```

Volumen aceite alto = De la hoja de datos generales verifica si el transformador lleva tanque conservador, de no llevar calcula la variación de volumen de aceite para un cambio de temperatura, de la temperatura normal a la temperatura alta a la que operará el transformador, obteniendo el gradiente de la resta de ambas temperaturas y multiplicando por la constante de dilatación térmica para el aceite ( 0.0075 lt. / °C ) por el volumen total de aceite a nivel normal, conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., de llevar conservador asigna cero.

```
=SI('Datos grales'!C13="N";(G158*0.00075*('Datos grales'!C16-'Datos grales'!C17))+
G158;0)
=+G159/3.785
=+G159*0.9
=+J159*2.204623
```

Vol. aceite tot. = 25°C a De la hoja de datos generales verifica si el transformador lleva tanque conservador, de ser cierto calcula el volumen total de aceite a la temperatura normal de operación, sumando el volumen de los radiadores más el volumen del cambiador bajo carga; más el volumen del tanque conservador y más el volumen del tanque principal restando el volumen desplazado por la parte viva en litros. conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., de llevar conservador asigna cero.

$$\begin{aligned} &=SI('Datos\ gales'\!C13="S";SUMA(G153;G155)+H145-G156;0) \\ &=+G160/3.785 \\ &=+G160*0.9 \\ &=+J160*2.204623 \end{aligned}$$

Impregnación aceite= Calcula el volumen aproximado de aceite que consumirá la impregnación de aislamientos, sumando los kilogramos de aislantes y encintados tanto de la parte viva del transformador principal, como del reactor, del transformador serie (si es que los lleva), así como los aislantes encintados y bloques estimados en el armado interno, todo multiplicado por una constante de absorción de 0.58 kg. / kg., conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., de llevar conservador asigna cero.

$$\begin{aligned} &=+(B116+B117+E116+E117+H114+H116+H117+H118+K116+K117)*0.58 \\ &=+G161/3.785 \\ &=+G161*0.9 \\ &=+J161*2.204623 \end{aligned}$$

Vol. total aceite req. = De la hoja de datos generales verifica si el transformador lleva tanque conservador, de ser cierto calcula el volumen total de aceite requerido a la temperatura normal de operación, sumando el volumen a la temperatura normal de operación más el volumen de aceite para impregnación, conviértelos a galones dividiendo entre 3.785 y calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., de llevar conservador asigna cero.

De no llevar conservador, calcula el volumen total de aceite requerido a la temperatura normal de operación, sumando el volumen a la temperatura normal de operación más el volumen de aceite para impregnación; más el volumen de aceite para el cambiador bajo carga y más el volumen de aceite del fondo falso para la garganta si es que la lleva

$$=SI('Datos\ gales'\!C13="S";(G160+G161):(G158+G161+H147+K28))$$

### Pesos

### Proceso / Formula:

Peso Parte Viva = ya Calcula el peso de la parte viva, ya impregnada con aceite, sumando al peso de la parte viva el peso del aceite requerido para la impregnación de sus aislamientos, y por último transforma de kg. a lb.

$$\begin{aligned} &=+E145+J163 \\ &=+J166*2.204623 \end{aligned}$$

Peso Pailería = Calcula el peso de la pailería, sumando los pesos de los componentes como son: los herrajes, el tanque principal, con su base y tapa, los accesorios de radiadores, la soldadura estimada, y el peso de los cabezales para radiadores, y transforma de kg a lb.

$$\begin{aligned} &=+E141+E142+E143+E144+E146+E147+E139 \\ &=+J167*2.204623 \end{aligned}$$

Peso Acc's. Pailería = Calcula el peso de los accesorios de pailería, sumando los pesos de los componentes como son: el conservador y su soporte, los soportes de apartarrayos, garganta desmontable, tubería del conservador, tubería de venteo, tubería de silica-gel, el peso de los cabezales para radiadores, resistencia del neutro y las ruedas, y transforma de kg. a lb.

$$\begin{aligned} &=+B142+B143+B149+E149+E150+E151+K143+H140+H141 \\ &=+J168*2.204623 \end{aligned}$$



Peso Acc's. = Calcula el peso de los accesorios del transformador, sumando los pesos de las boquillas, apartarrayos, cambiador bajo carga, TC's., gabinete de conexiones, condulets, accesorios desmontables, tomillería, y accesorios no desmontables, y transforma de kg. a lb.

$$=+B145+B146+B147+B148+B150+B151+B152+E148+E152$$

$$=+J169*2.204623$$

Peso Radiadores ( Sin aceite ) = Despliega el peso de los radiadores sin aceite.

$$=+B144$$

$$=+J170*2.204623$$

Peso Aceite total = De la hoja de datos generales verifica si el transformador lleva tanque conservador, de ser cierto despliega el volumen de aceite total a 25°C de temperatura, sino calcula sumándole al volumen de aceite a 25°C el volumen de aceite en el cambiador bajo carga y el volumen de aceite en la garganta si es que lleva, posteriormente conviértelos a galones dividiendo entre 3.785, calcula su peso aproximado multiplicando por el peso específico del aceite (0.9 kg. / lt.) y por último transforma de kg. a lb., y en cada caso desplégalo.

( litros )  
( galones )

$$=SI('Datos gales'!C13="S";G162:(G160+H149+K28))$$

$$=+D171/3.785412$$

$$=+D171*0.9$$

$$=+J171*2.204623$$

<u>Pesos totales</u>	<u>Proceso / Formula:</u>
----------------------	---------------------------

Peso total ( Sin aceite ) = Calcula el peso total del transformador, sin aceite, sumando el peso de sus componentes como son: la parte viva ya impregnada, el tanque con su base y tapa, la garganta desmontable si es que la lleva, los radiadores incluyendo sus accesorios, cabezales y ruedas, el peso del conservador y su soporte, boquillas, TC's, apartarrayos con sus soportes, cambiador bajo carga, gabinete de control, condulets, tuberías del conservador, silica gel y venteo, así como accesorios desmontables y no desmontables, soldadura y tornillería.

$$=SUMA(B142:B152;E142:E152)+K143+J163+H140+H141+E139$$

$$=+J172*2.204623$$

Peso de operación = Calcula el peso total del transformador para operación, sumando al peso total el peso correspondiente del aceite, posteriormente conviértelos de kg. a lb., multiplicando por 2.204623 y desplégalo.

$$=+J172+J171$$

$$=+J173*2.204623$$

Peso del Tanque y Accesorios = Calcula el peso del tanque y accesorios, sumando al peso de la paliería el peso de los accesorios, más el peso de los radiadores sin aceite y restandole el peso de los herrajes como accesorios pero integrados dentro del peso de la parte viva, posteriormente conviértelos de kg. a lb. y desplégalo.

$$=+J167+J168+J169+J170-E141$$

$$=+J174*2.204623$$

Peso de embarque ( Sin Aceite ) = Calcula el mayor peso de embarque sin aceite, sumando al peso de la parte viva ya impregnada, el tanque con su base y tapa, el peso del cambiador bajo carga, el peso de los TC's., el gabinete de control, la soldadura, la tomillería, los condulets y todos los accesorios que no son desmontables, posteriormente conviértelos de kg. a lb y desplégalo.

$$=+B147+B148+B150+B151+B152+E142+E143+E144+E145+E147+E148+E152+J163$$

$$=+J175*2.204623$$

Peso de embarque ( Con Aceite ) = Calcula el mayor peso de embarque con aceite, sumando al peso de embarque sin aceite, el peso del aceite para posteriormente conviértelos de kg. a lb. y desplegarlo

$$=J175+J171$$

$$=+J176*2.204623$$

## 6.6 CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD PARA OPERACIÓN Y EMBARQUE.

bancos de radiadores : 2  
(máximo 4 bancos)

Orden : Diseño2  
Diseñador : G.Nieto

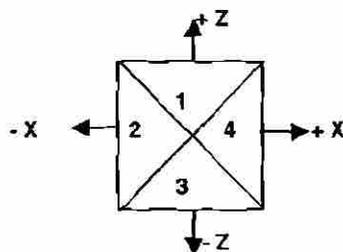
Cliente : G.L.M.A.M.I.A.

DESCRIPCION	Carga en Kg.				COORDENADAS		
	Estructural	Aceite	Operacion	Embarque	X =	Y =	Z =
Parte Viva transformador principal =	39007	1255	40262	40262	-350	1756	-45
Radiadores y cabezales "A" =	2973	1115	4089	0	-1735	2320	2653
Tanque ( incluye: base y tapa ) =	19707	37275	56981	19707	0	2127	0
Gabinete de control =	150	0	150	150	-3143	967	1069
Boquillas de alta tensión =	1497	0	1497	0	0	5463	815
Boquillas de baja tensión =	98	0	98	0	0	3341	-1581
Boquilla Ho =	0	0	0	0	0	0	0
Boquilla Xo =	84	0	84	0	-2150	4350	-845
Boquilla HoXo =	0	0	0	0	0	0	0
Conservador =	1383	1762	3146	0	-4200	5400	0
Soporte del conservador =	200	0	200	0	-3000	2300	0
Cambiador bajo carga =	358	175	534	534	-3307	1630	-166
Apartarrayos de alta tensión =	0	0	0	0	0	0	0
Apartarrayos de baja tensión =	0	0	0	0	0	0	0
Soporte apartarrayos A.T. =	200	0	200	0	0	0	1753
Soporte apartarrayos B.T. =	0	0	0	0	0	0	0
TC's. en alta tensión =	732	0	732	732	0	0	815
TC's. en baja tensión =	15	0	15	15	-545	4120	-1601
TC's. en neutro Xo =	57	0	57	57	-2150	4151	-845
TC's. en neutro Ho =	0	0	0	0	0	0	0
Ruedas =	0	0	0	0	0	0	0
Garganta desmontable =	548	0	548	0	0	3186	-2162
Radiadores y cabezales "B" =	2973	1115	4089	0	1735	2320	2653
Radiadores y cabezales "C" =	0	0	0	0	0	0	0
Radiadores y cabezales "D" =	0	0	0	0	0	0	0
Parte Viva transformador serie =	6578	106	6684	6684	2295	1520	-45
Parte Viva Reactor =	0	0	0	0	0	0	0
Botes desmontables A.T. =	103	0	103	0	0	0	0
Botes desmontables B.T. =	33	0	33	0	0	0	0
Bote desmontable Xo =	52	0	52	0	0	0	0
Bote desmontable Ho =	0	0	0	0	0	0	0
<b>Suma de pesos</b>	<b>76750</b>	<b>42805</b>	<b>119555</b>	<b>68141</b>			
<b>Coordenadas de C. G. en embarque =</b>					<b>-16</b>	<b>1821</b>	<b>-22</b>
<b>Coordenadas de C. G. en operación =</b>					<b>-126</b>	<b>2094</b>	<b>170</b>

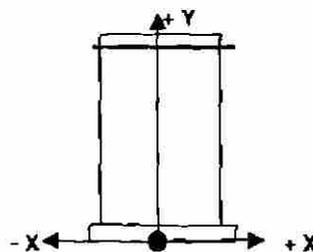
Elaboro: G.Nieto

10-may-01

Verifico: \_\_\_\_\_



Vista de Planta



Vista por Seg.1

### 6.6.1 Cálculo del centro de gravedad para operación y embarque.

- A Dato a ser alimentado por el diseñador.
- A Dato calculado por función matemática o lógica, y se emplea en otra hoja del programa
- A Dato calculado por fórmula matemática o lógica.

#### DATOS DE ENTRADA

#### Proceso / Fórmula:

- Orden* : De la hoja de Datos generales toma el dato del número de orden y desplégalo.  
 =+Datos grales!C2
- Diseñador* : De la hoja de Datos generales toma el nombre del diseñador y desplégalo.  
 =+Datos grales!C3
- Ciente* : De la hoja de Datos generales toma el nombre del cliente y desplégalo.  
 =+Datos grales!H2

#### Parte Viva transformador principal

#### Proceso / Fórmula:

- Estructural* = Calcula el peso estructural de la parte viva principal obteniendo de la hoja de Pesos el peso de la parte viva y réstale el peso del transformador serie y el reactor si es que los lleva.  
 =+Pesos!K122-C34-C35
- Aceite* = Calcula el peso del aceite impregnado en la parte viva principal obteniendo de la hoja de Pesos el peso del aceite de impregnación y réstale el peso correspondiente del transformador serie y el reactor si es que los lleva.  
 =+Pesos!J163-D34-D35
- Operación* = Calcula el peso de la parte viva principal para operación sumando el peso estructural y el peso de impregnación de aceite correspondiente.  
 =C9+D9
- Embarque* = Calcula el peso de la parte viva principal para embarque sumando el peso estructural y el peso de impregnación de aceite correspondiente.  
 =C9+D9
- Y* = Calcula la coordenada de altura al centro de gravedad de la parte viva principal, dividiendo la altura de ventana del núcleo entre dos, para después sumarle el diámetro del núcleo, más 25.4 mm. de espesor de aislamiento entre núcleo y base parte viva, más el espesor de la base parte viva, más el espesor del fondo del tanque, más el espesor del patín del refuerzo de canal de la base.  
 =+(Datos grales!C70)/2+Datos grales!C71+25.4+Pesos!E104+Datos grales!C25+Datos grales!C28

#### Radiadores y cabezales "A"

#### Proceso / Fórmula:

- Estructural* = Calcula el peso del banco de radiadores "A", verificando la cantidad de bancos ( de 1 a 4 máximo ), obteniendo de la hoja de Pesos y sumando en cada caso el peso total de los radiadores más el peso total de los cabezales para radiador más el peso total de los accesorios para radiador y dividiendo según corresponda entre el número de bancos, sino considera cero.  
 =+SI(B4=1;(Pesos!E139+Pesos!B144+Pesos!E146);SI(B4=2;(Pesos!E139+Pesos!B144+Pesos!E146)/2;SI(B4=3;(Pesos!E139+Pesos!B144+Pesos!E146)/3;SI(B4=4;(Pesos!E139+Pesos!B144+Pesos!E146)/4;0))))
- Aceite* = Calcula el peso del aceite dentro del banco de radiadores "A", verificando la cantidad de bancos ( de 1 a 4 máximo ), obteniendo de la hoja de Pesos el peso del aceite de radiadores y cabezales en cada caso e y dividiendo según corresponda entre el número de bancos, sino considera cero.  
 =+SI(B4=1;Pesos!J155;SI(B4=2;Pesos!J155/2;SI(B4=3;Pesos!J155/3;SI(B4=4;Pesos!J155/4;0))))
- Operación* = Calcula el peso del banco de radiadores "A" para operación sumando el peso estructural y el peso del aceite correspondiente.  
 =C10+D10

Y = Calcula la coordenada de altura al centro de gravedad del banco de radiadores y cabezales "A", dividiendo entre dos la altura del entrecentros de cabezales del radiador, para posteriormente sumarle la altura del fondo al cabezal inferior, más el espesor del fondo del tanque, más el espesor del patín del refuerzo de canal de la base  
 =+Datos grales!E41/2+'Datos grales!C46+'Datos grales!C25+'Datos grales!C28

#### Tanque (incluye base y tapa)

#### Proceso / Formula:

Estructural = Calcula el peso estructural del tanque principal, obteniendo y sumando de la hoja de Pesos el peso del tanque más la base más la tapa y más la soldadura.  
 =Pesos!E142+Pesos!E143+Pesos!E144+Pesos!E147

Aceite = Calcula el peso del aceite dentro del tanque principal, obteniendo de la hoja de Pesos el peso total del aceite del transformador y restándole el aceite impregnado en la parte viva principal del serie y del reactor, menos el aceite del conservador, menos el aceite de los bancos de radiadores y menos el aceite dentro del cambiador bajo carga.  
 =+Pesos!J171-D9-D10-D18-D20-D31-D32-D33-D34-D35

Operación = Calcula el peso del tanque con aceite durante operación sumando el peso estructural y el peso del aceite correspondiente.  
 =C11+D11

Embarque = Verifica de Datos generales si el embarque será con o sin aceite, de ser afirmativo suma el peso estructural del tanque y del aceite en su interior, de ser negativo considera solo el peso estructural para embarque.

=+SI('Datos grales!\$N\$9="C";C11+D11;C11)

Y = Calcula la coordenada de altura al centro de gravedad del tanque principal, tomando los valores de la hoja de Datos generales, dividiendo la altura interior del tanque entre dos, para después sumarle el espesor del fondo del tanque, más el espesor del patín del refuerzo de canal de la base.  
 =+'Datos grales!C8/2+'Datos grales!C25+'Datos grales!C28

#### Gabinete de control

#### Proceso / Formula:

Estructural = Calcula el peso del gabinete de control sumando al peso del mismo el peso de los condulets, tomando ambos datos de la hoja de Pesos.  
 =+Pesos!H138+Pesos!H139

Operación = Considera el peso del gabinete de control durante la operación del transformador.  
 =C12

Embarque = Considera el peso del gabinete de control durante el embarque del transformador.  
 =C12

#### Boquillas de alta tensión

#### Proceso / Formula:

Estructural = Calcula el peso de las boquillas de alta tensión tomando la cantidad de ellas de la hoja de Pesos, para multiplicarla por su peso unitario y posteriormente transformarla de lb. a kg. Dividiendo entre 2.2046  
 =+Pesos!E127\*Pesos!E128/2.2046

Operación = Considera el peso de las boquillas de alta tensión durante la operación del transformador.  
 =C13

#### Boquillas de baja tensión

#### Proceso / Formula:

Estructural = Calcula el peso de las boquillas de baja tensión tomando la cantidad de ellas de la hoja de Pesos, para multiplicarla por su peso unitario y posteriormente transformarla de lb. a kg. dividiendo entre 2.2046  
 =+Pesos!E131\*Pesos!E132/2.2046

Operación = Considera el peso de las boquillas de baja tensión durante la operación del transformador.  
 =C14

**Boquillas de Ho****Proceso / Formula:**

Estructural = Calcula el peso de las boquilla de neutro de alta tensión Ho tomando su peso unitario de la hoja de Pesos, y posteriormente transformarlo de lb. a kg. dividiendo entre 2.2046  
 =+Pesos!E135/2.2046

Operación = Considera el peso de las boquilla de neutro para alta tensión durante la operación del transformador.  
 =C15

**Boquillas de Xo****Proceso / Formula:**

Estructural = Calcula el peso de las boquilla de neutro de baja tensión Xo tomando su peso unitario de la hoja de Pesos, y posteriormente transformarlo de lb. a kg. dividiendo entre 2.2046  
 =+Pesos!E136/2.2046

Operación = Considera el peso de las boquilla de neutro para alta tensión durante la operación del transformador.  
 =C16

**Boquilla de HoXo****Proceso / Formula:**

Estructural = Calcula el peso de las boquilla de neutro de alta tensión Ho tomando su peso unitario de la hoja de Pesos, y posteriormente transformarlo de lb. a kg. dividiendo entre 2.2046  
 =+Pesos!E137/2.2046

Operación = Considera el peso de las boquilla de neutro para alta tensión durante la operación del transformador.  
 =C17

**Conservador****Proceso / Formula:**

Estructural = Calcula el peso estructural del tanque conservador, obteniendo y sumando de la hoja de Pesos el peso estructural del tanque conservador más la tubería del mismo.  
 =+Pesos!K138+Pesos!E150

Aceite = Toma de la hoja de Pesos el valor de peso del aceite contenido dentro del tanque conservador y desplégalo.  
 =+Pesos!J157

Operación = Calcula el peso del tanque conservador con aceite durante operación sumando el peso estructural y el peso del aceite contenido en el mismo.  
 =C18+D18

**Soporte del conservador****Proceso / Formula:**

Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural del soporte del tanque conservador y desplégalo.  
 =+Pesos!K139

Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el soporte del tanque conservador.  
 =C19

**Cambiador bajo carga****Proceso / Formula:**

Estructural = Calcula el peso estructural del cambiador bajo carga, obteniendo el valor de la hoja de Pesos, transformarlo de lb. a kg. dividiendo entre 2.2046 y desplégalo.  
 =+Pesos!B133/2.2046

Aceite = Toma de la hoja de Pesos el valor de peso del aceite contenido dentro del cambiador bajo carga, y desplégalo.  
 =+Pesos!J156

Operación = Calcula el peso del cambiador bajo carga con aceite durante operación sumando el peso estructural y el peso del aceite contenido en el mismo.  
 =C20+D20

Embarque = Estima que durante el embarque del transformador se encuentra instalado el cambiador bajo carga.  
=E20

#### Apartarrayos de alta tensión

#### Proceso / Fórmula:

Estructural = Calcula el peso estructural del apartarrayos de alta tensión, obteniendo la cantidad de la hoja de Pesos, multiplicándola por el peso unitario, para después transformarlo de lb. a kg. dividiendo entre 2.2046 y desplégalo.

=+Pesos!E127\*Pesos!E129/2.2046

Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el apartarrayos de alta tensión.  
=C21

#### Apartarrayos de baja tensión

#### Proceso / Fórmula:

Estructural = Calcula el peso estructural del apartarrayos de baja tensión, obteniendo la cantidad de la hoja de Pesos, multiplicándola por el peso unitario, para después transformarlo de lb. a kg. dividiendo entre 2.2046 y desplégalo.

=+Pesos!E131\*Pesos!E133/2.2046

Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el apartarrayos de alta tensión.  
=C22

#### Soporte para apartarrayos de alta tensión

#### Proceso / Fórmula:

Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural del soporte para apartarrayos de alta tensión, y desplégalo.

=+Pesos!E130

Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el soporte para apartarrayos de alta tensión.  
=C23

#### Soporte para apartarrayos de baja tensión

#### Proceso / Fórmula:

Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural del soporte para apartarrayos de baja tensión, y desplégalo.

=+Pesos!E134

Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el soporte para apartarrayos de baja tensión.  
=C24

#### TC's. de alta tensión

#### Proceso / Fórmula:

Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural de los transformadores de corriente de alta tensión, y desplégalo.

=+Pesos!B136

Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el transformadores de corriente de alta tensión.  
=C25

Embarque = Estima que durante el embarque del transformador se encuentra instalado el transformadores de corriente de alta tensión.  
=C25

**TC's. de baja tensión****Proceso / Formula:**

- Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural de los transformadores de corriente de baja tensión, y desplégalo.  
=+Pesos!B137
- Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el transformadores de corriente de baja tensión.  
=C26
- Embarque = Estima que durante el embarque del transformador se encuentra instalado el transformadores de corriente de baja tensión.  
=C26

**TC's. en neutro Xo****Proceso / Formula:**

- Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural de los transformadores de corriente del neutro de baja tensión, y desplégalo.  
=+Pesos!B140
- Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el transformadores de corriente del neutro de baja tensión.  
=C27
- Embarque = Estima que durante el embarque del transformador se encuentra instalado el transformadores de corriente del neutro de baja tensión.  
=C27

**TC's. en neutro Ho****Proceso / Formula:**

- Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural de los transformadores de corriente del neutro de alta tensión, y desplégalo.  
=+Pesos!B139
- Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalado el transformadores de corriente del neutro de alta tensión.  
=C28
- Embarque = Estima que durante el embarque del transformador se encuentra instalado el transformadores de corriente del neutro de alta tensión.  
=C28

**Ruedas****Proceso / Formula:**

- Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural de las ruedas del transformador, y desplégalo.  
=+Pesos!H141
- Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instaladas las ruedas.  
=C29

**Garganta desmontable****Proceso / Formula:**

- Estructural = De la hoja de Pesos toma el valor del peso estructural de la garganta desmontable del transformador, y desplégalo.  
=+Pesos!E149
- Operación = Estima que durante la operación del transformador se encuentra instalada la garganta desmontable  
=C30

**Radiadores y cabezales "B"****Proceso / Formula:**

- Estructural = Calcula el peso del banco de radiadores "B", verificando la cantidad de bancos ( de 1 a 4 máximo ), obteniendo de la hoja de Pesos y sumando en cada caso el peso total de los radiadores más el peso total de los cabezales para radiador más el peso total de los accesorios para radiador y dividiendo según corresponda entre el número de bancos, sino considera cero.  

$$=+SI(B4=1;0;SI(B4=2;C10;SI(B4=3;C10;SI(B4=4;C10;0))))$$
- Aceite = Calcula el peso del aceite dentro del banco de radiadores "B", verificando la cantidad de bancos ( de 1 a 4 máximo ), obteniendo de la hoja de Pesos el peso del aceite de radiadores y cabezales en cada caso e y dividiendo según corresponda entre el número de bancos, sino considera cero.  

$$=+SI(B4=1;0;SI(B4=2;D10;SI(B4=3;D10;SI(B4=4;D10;0))))$$
- Operación = Calcula el peso del banco de radiadores "B" para operación sumando el peso estructural y el peso del aceite correspondiente.  

$$=C31+D31$$
- Y = Calcula la coordenada de altura al centro de gravedad del banco de radiadores y cabezales "B", verificando primero si existe un banco de radiadores "B", de ser cierto es cero, sino asigna el mismo valor de la coordenada del banco "A"  

$$=+SI(C31=0;0;H10)$$

**Radiadores y cabezales "C"****Proceso / Formula:**

- Estructural = Calcula el peso del banco de radiadores "C", verificando la cantidad de bancos ( de 1 a 4 máximo ), obteniendo de la hoja de Pesos y sumando en cada caso el peso total de los radiadores más el peso total de los cabezales para radiador más el peso total de los accesorios para radiador y dividiendo según corresponda entre el número de bancos, sino considera cero.  

$$=+SI(B4=1;0;SI(B4=2;0;SI(B4=3;C10;SI(B4=4;C10;0))))$$
- Aceite = Calcula el peso del aceite dentro del banco de radiadores "C", verificando la cantidad de bancos ( de 1 a 4 máximo ), obteniendo de la hoja de Pesos el peso del aceite de radiadores y cabezales en cada caso e y dividiendo según corresponda entre el número de bancos, sino considera cero.  

$$=+SI(B4=1;0;SI(B4=2;0;SI(B4=3;D10;SI(B4=4;D10;0))))$$
- Operación = Calcula el peso del banco de radiadores "C" para operación sumando el peso estructural y el peso del aceite correspondiente.  

$$=C32+D32$$
- Y = Calcula la coordenada de altura al centro de gravedad del banco de radiadores y cabezales "C", verificando primero si existe un banco de radiadores "C", de ser cierto es cero, sino asigna el mismo valor de la coordenada del banco "A"  

$$=+SI(C32=0;0;H10)$$

**Radiadores y cabezales "D"****Proceso / Formula:**

- Estructural = Calcula el peso del banco de radiadores "D", verificando la cantidad de bancos ( de 1 a 4 máximo ), obteniendo de la hoja de Pesos y sumando en cada caso el peso total de los radiadores más el peso total de los cabezales para radiador más el peso total de los accesorios para radiador y dividiendo según corresponda entre el número de bancos, sino considera cero.  

$$=+SI(B4=1;0;SI(B4=2;0;SI(B4=3;0;SI(B4=4;C10;0))))$$
- Aceite = Calcula el peso del aceite dentro del banco de radiadores "D", verificando la cantidad de bancos ( de 1 a 4 máximo ), obteniendo de la hoja de Pesos el peso del aceite de radiadores y cabezales en cada caso e y dividiendo según corresponda entre el número de bancos, sino considera cero.  

$$=+SI(B4=1;0;SI(B4=2;0;SI(B4=3;0;SI(B4=4;D10;0))))$$
- Operación = Calcula el peso del banco de radiadores "D" para operación sumando el peso estructural y el peso del aceite correspondiente.  

$$=C33+D33$$

Y = Calcula la coordenada de altura al centro de gravedad del banco de radiadores y cabezales "D", verificando primero si existe un banco de radiadores "D", de ser cierto es cero, sino asigna el mismo valor de la coordenada del banco "A"  
 $=+SI(C33=0;0;H10)$

#### Parte Viva transformador serie

#### Proceso / Formula:

Estructural = Calcula el peso estructural de la parte viva del transformador serie, obteniendo de la hoja de Pesos el peso de la parte viva y desplegándolo.  
 $=+Pesos!K121$

Aceite = Calcula el peso del aceite impregnado en la del transformador serie, sumando los pesos de aislamientos y encintados para multiplicarlos por 0.58 ( Se estima un 58% del volumen impregnado de aceite), para posteriormente multiplicarlo por el peso específico del aceite.

$$=+(Pesos!K118+Pesos!K119)*0.58*0.9$$

Operación = Calcula el peso del transformador serie, para operación sumando el peso estructural y el peso de impregnación de aceite correspondiente.  
 $=C34+D34$

Embarque = Calcula el peso del transformador serie, para embarque sumando el peso estructural y el peso de impregnación de aceite correspondiente.  
 $=C34+D34$

#### Parte Viva reactor

#### Proceso / Formula:

Estructural = Calcula el peso estructural de la parte viva del reactor, obteniendo de la hoja de Pesos el peso de la parte viva y desplegándolo.  
 $=+Pesos!E121$

Aceite = Calcula el peso del aceite impregnado en el reactor, sumando los pesos de aislamientos y encintados para multiplicarlos por 0.58 ( Se estima un 58% del volumen impregnado de aceite), para posteriormente multiplicarlo por el peso específico del aceite.

$$=+(Pesos!E118+Pesos!E119)*0.58*0.9$$

Operación = Calcula el peso del reactor, para operación sumando el peso estructural y el peso de impregnación de aceite correspondiente.  
 $=C35+D35$

Embarque = Calcula el peso del reactor, para embarque sumando el peso estructural y el peso de impregnación de aceite correspondiente.  
 $=C35+D35$

#### Botes desmontables AT

#### Proceso / Formula:

Estructural = Calcula el peso estructural de los botes desmontables para TC's. de alta tensión, obteniendo de la hoja de Pesos el peso total de los mismos dividiéndolos entre tres y desplegándolo.  
 $=+Pesos!E52/3$

Operación = Calcula el peso de los botes desmontables para TC's. de alta tensión, para operación tomando el peso estructural correspondiente.  
 $=C36$

#### Botes desmontables BT

#### Proceso / Formula:

Estructural = Calcula el peso estructural de los botes desmontables para TC's. de baja tensión, obteniendo de la hoja de Pesos el peso total de los mismos dividiéndolos entre tres y desplegándolo.  
 $=+Pesos!K52/3$

Operación = Calcula el peso de los botes desmontables para TC's. de baja tensión, para operación tomando el peso estructural correspondiente.  
 $=C37$

**Bote desmontable Xo****Proceso / Formula:**

Estructural = Calcula el peso estructural del bote desmontable para TC's. del neutro de baja tensión, obteniendo de la hoja de Pesos el peso total del mismo y despleqándolo.  
 =+Pesos!K66

Operación = Calcula el peso del bote desmontable para TC's. del neutro de baja tensión, para operación tomando el peso estructural correspondiente.  
 =C38

**Bote desmontable Ho****Proceso / Formula:**

Estructural = Calcula el peso estructural del bote desmontable para TC's. del neutro de alta tensión, obteniendo de la hoja de Pesos el peso total del mismo y despleqándolo.  
 =+Pesos!E66

Operación = Calcula el peso del bote desmontable para TC's. del neutro de alta tensión, para operación tomando el peso estructural correspondiente.  
 =C39

**Suma de pesos****Proceso / Formula:**

Estructural = Calcula el peso estructural total del transformador sumando los de los componentes y despleqándolo.  
 =SUMA(C9:C39)

Aceite = Calcula el peso del aceite total del transformador sumando los de los componentes y despleqándolo.  
 =SUMA(D9:D39)

Operación = Calcula el peso estructural y del aceite de los componentes involucrados en el calculo del centro de gravedad para operación del transformador completamente ensamblado.  
 =SUMA(E9:E39)

Embarque = Calcula el peso estructural y del aceite de los componentes solamente involucrados en el calculo del centro de gravedad para embarque del transformador como pieza mas pesada.  
 =SUMA(F9:F39)

**Coordenadas para el C. G. en embarque****Proceso / Formula:**

X = Calcula el balance ponderado de la afectación de componentes que actúan durante el embarque del transformador como cargas multiplicadas por un brazo de palanca, en este caso su coordenada con respecto a "X", sumándolas en total y dividiéndolas entre el peso total de embarque o suma de pesos de embarque.

$$=(F9*G9+F10*G10+F11*G11+F12*G12+F13*G13+F14*G14+F15*G15+F16*G16+F17*G17+F18*G18+F19*G19+F20*G20+F21*G21+F22*G22+F23*G23+F24*G24+F25*G25+F26*G26+F27*G27+F28*G28+F29*G29+F30*G30+F31*G31+F32*G32+F33*G33+F34*G34+F35*G35+F36*G36+F37*G37+F38*G38+F39*G39)/F40$$

Y = Calcula el balance ponderado de la afectación de componentes que actúan durante el embarque del transformador como cargas multiplicadas por un brazo de palanca, en este caso su coordenada con respecto a "Y", sumándolas en total y dividiéndolas entre el peso total de embarque o suma de pesos de embarque.

$$=(F9*H9+F10*H10+F11*H11+F12*H12+F13*H13+F14*H14+F15*H15+F16*H16+F17*H17+F18*H18+F19*H19+F20*H20+F21*H21+F22*H22+F23*H23+F24*H24+F25*H25+F26*H26+F27*H27+F28*H28+F29*H29+F30*H30+F31*H31+F32*H32+F33*H33+F34*H34+F35*H35+F36*H36+F37*H37+F38*H38+F39*H39)/F40$$

Z = Calcula el balance ponderado de la afectación de componentes que actúan durante el embarque del transformador como cargas multiplicadas por un brazo de palanca, en este caso su coordenada con respecto a "Z", sumándolas en total y dividiéndolas entre el peso total de embarque o suma de pesos de embarque

$$=(F9*I9+F10*I10+F11*I11+F12*I12+F13*I13+F14*I14+F15*I15+F16*I16+F17*I17+F18*I18+F19*I19+F20*I20+F21*I21+F22*I22+F23*I23+F24*I24+F25*I25+F26*I26+F27*I27+F28*I28+F29*I29+F30*I30+F31*I31+F32*I32+F33*I33+F34*I34+F35*I35+F36*I36+F37*I37+F38*I38+F39*I39)/F40$$

Coordenadas para el C. G. en operaciónProceso / Formula:

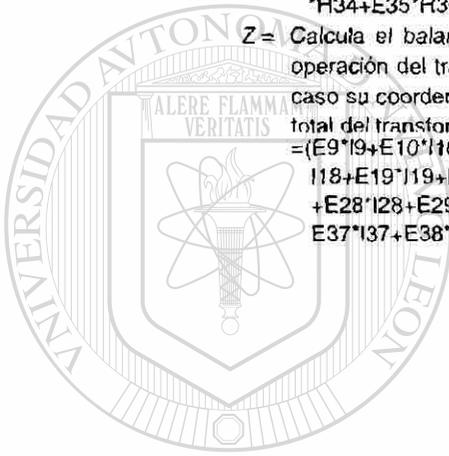
X = Calcula el balance ponderado de la afectación de componentes que actúan durante la operación del transformador como cargas multiplicadas por un brazo de palanca, en este caso su coordenada con respecto a "X", sumándolas en total y dividiéndolas entre el peso total del transformador durante operación o suma de pesos de operación

$$= (E9 \cdot G9 + E10 \cdot G10 + E11 \cdot G11 + E12 \cdot G12 + E13 \cdot G13 + E14 \cdot G14 + E15 \cdot G15 + E16 \cdot G16 + E17 \cdot G17 + E18 \cdot G18 + E19 \cdot G19 + E20 \cdot G20 + E21 \cdot G21 + E22 \cdot G22 + E23 \cdot G23 + E24 \cdot G24 + E25 \cdot G25 + E26 \cdot G26 + E27 \cdot G27 + E28 \cdot G28 + E29 \cdot G29 + E30 \cdot G30 + E31 \cdot G31 + E32 \cdot G32 + E33 \cdot G33 + E34 \cdot G34 + E35 \cdot G35 + E36 \cdot G36 + E37 \cdot G37 + E38 \cdot G38 + E39 \cdot G39) / E40$$

Y = Calcula el balance ponderado de la afectación de componentes que actúan durante la operación del transformador como cargas multiplicadas por un brazo de palanca, en este caso su coordenada con respecto a "Y", sumándolas en total y dividiéndolas entre el peso total del transformador durante operación o suma de pesos de operación

$$= (E9 \cdot H9 + E10 \cdot H10 + E11 \cdot H11 + E12 \cdot H12 + E13 \cdot H13 + E14 \cdot H14 + E15 \cdot H15 + E16 \cdot H16 + E17 \cdot H17 + E18 \cdot H18 + E19 \cdot H19 + E20 \cdot H20 + E21 \cdot H21 + E22 \cdot H22 + E23 \cdot H23 + E24 \cdot H24 + E25 \cdot H25 + E26 \cdot H26 + E27 \cdot H27 + E28 \cdot H28 + E29 \cdot H29 + E30 \cdot H30 + E31 \cdot H31 + E32 \cdot H32 + E33 \cdot H33 + E34 \cdot H34 + E35 \cdot H35 + E36 \cdot H36 + E37 \cdot H37 + E38 \cdot H38 + E39 \cdot H39) / E40$$

Z = Calcula el balance ponderado de la afectación de componentes que actúan durante la operación del transformador como cargas multiplicadas por un brazo de palanca, en este caso su coordenada con respecto a "Z", sumándolas en total y dividiéndolas entre el peso total del transformador durante operación o suma de pesos de operación.

$$= (E9 \cdot I9 + E10 \cdot I10 + E11 \cdot I11 + E12 \cdot I12 + E13 \cdot I13 + E14 \cdot I14 + E15 \cdot I15 + E16 \cdot I16 + E17 \cdot I17 + E18 \cdot I18 + E19 \cdot I19 + E20 \cdot I20 + E21 \cdot I21 + E22 \cdot I22 + E23 \cdot I23 + E24 \cdot I24 + E25 \cdot I25 + E26 \cdot I26 + E27 \cdot I27 + E28 \cdot I28 + E29 \cdot I29 + E30 \cdot I30 + E31 \cdot I31 + E32 \cdot I32 + E33 \cdot I33 + E34 \cdot I34 + E35 \cdot I35 + E36 \cdot I36 + E37 \cdot I37 + E38 \cdot I38 + E39 \cdot I39) / E40$$


# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

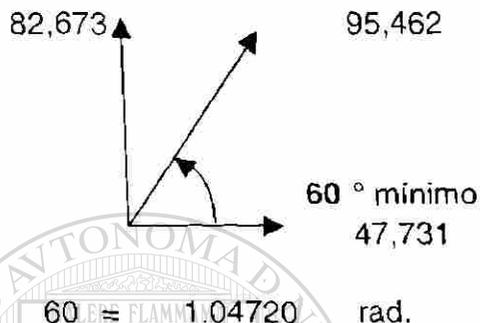


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 6.7 CALCULO DE LAS OREJAS PARA IZAJE DEL TRANSFORMADOR COMPLETO

### 6.7.1 ANALISIS DE LAS OREJAS TIPO 1

Orden : N-307-01..03



#### DATO DE ENTRADA :

Peso Transformador =	150,000 kg.	=	330,690 lb.
No. De orejas =	4 pzs.		
Carga por oreja =	37,500 kg.	=	82,673 lb.

### 6.7.2 PARAMETROS DE DISEÑO

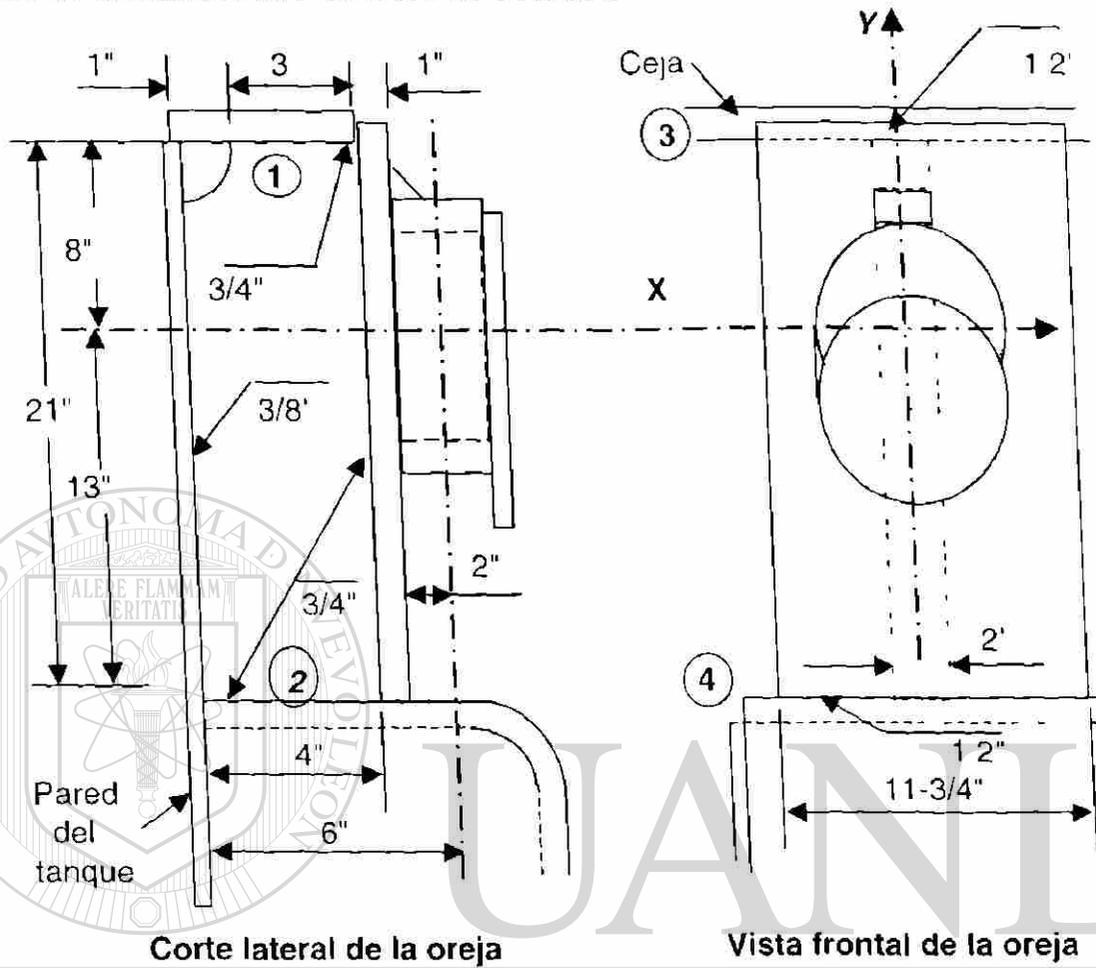
Factor de Seguridad mínimo según ANSI 9.2.6.1 = 5

Soldadura AWS E-7018 Esfuerzo ultimo = 70,000 psi

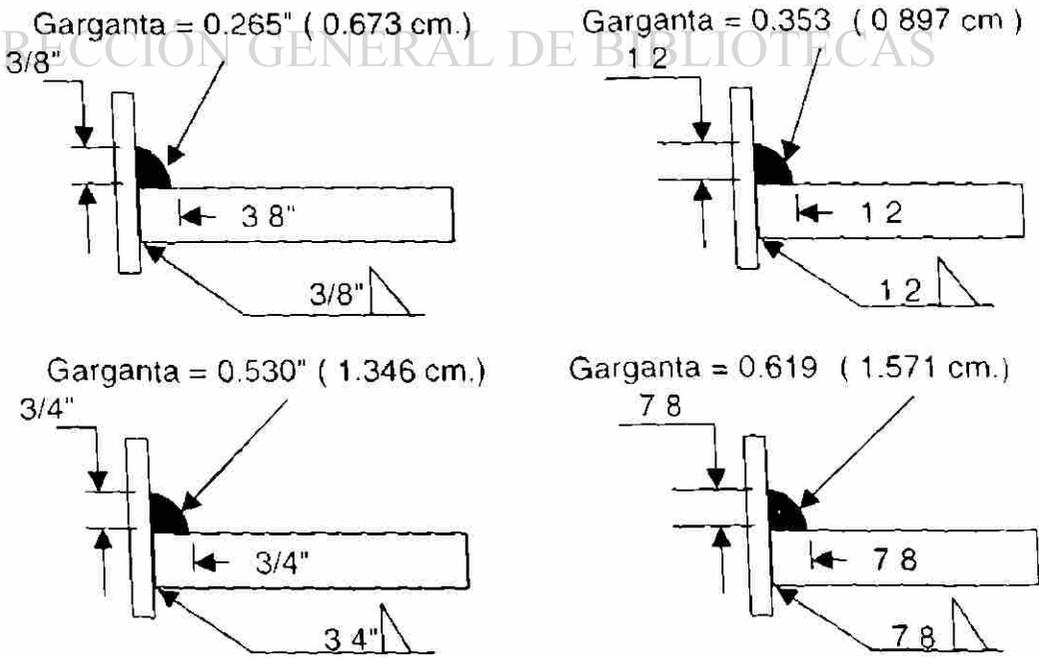
Soldadura AWS E-7018 Esfuerzo de trabajo = 14,000 psi

Placa ASTM A-36 con un Esfuerzo de trabajo = 36.000 psi

6.7.3 DIMENSIONES DE LA OREJA



6.7.4 DIMENSIONES DE LAS SOLDADURAS



### 1). Análisis en la dirección Y :

a). Corte sobre la soldadura de la placa y la oreja ( T ) :

$$T = \frac{82,673}{(21)(2)(0.265)}$$

$$T = 7428 \text{ psi} < 14000 \text{ psi para soldadura AWS E-7018}$$

b). Esfuerzo en 1 y 2 por momento sobre la pared del tanque ( M ) :

$$M = 82,673 * (6) = 496,035 \text{ lb-in}$$

$$\sum M \quad M_1 + M_2 = M$$

$$8 P_1 + 13 P_2 = 496.035 \Rightarrow P_1 = 8 - 13 P_2$$

$$\Rightarrow P_1 = 0.615 P_2$$

$$(8)(0.615 P_2) + 13 P_2 = 496.035$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{496.035}{17.92} \Rightarrow P_2 = 27,681 \text{ lb.}$$

$$\Rightarrow P_1 = 17,024 \text{ lb.}$$

$$\text{Esfuerzo T por P2} = \frac{P_2 (4') (2) (0.530')}{17.92}$$

$$\text{Esfuerzo T por P2} = 6,528 \text{ psi}$$

$$\text{Esfuerzo T por P1} = \frac{P_1}{(4-1)(2)(0.530')}$$

$$\text{Esfuerzo T por P1} = 5,353 \text{ psi}$$

### 2). Análisis en la dirección X :

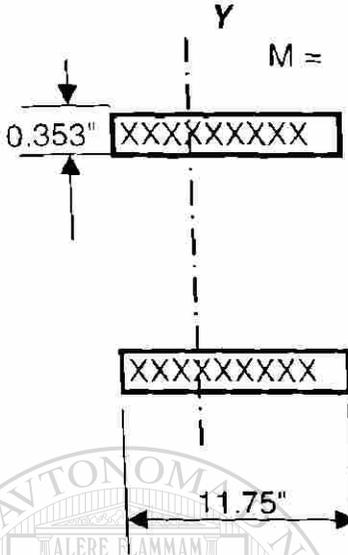
a). Corte ( T ) :

③ ④

$$T = \frac{47,731}{(11.75)(2)(0.353')}$$

$$T = 5,754 \text{ psi} < 14000 \text{ psi para soldadura AWS E-7018}$$

b). Esfuerzo a flexión ( $\sigma$ ) sobre la placa de apoyo y su soldadura debido al momento ( M ) :



$$M = 47,731 \cdot (2) = 95,462 \text{ lb-in}$$

Módulo de seccion para la disposicion de los cordones de soldaduras horizontales ( $S_y$ ), considerando la soldadura como una línea.

$$S_y = \frac{b^2 \cdot t_w}{3}$$

donde:

b = longitud de los cordones de soldadura.  
 t<sub>w</sub> = garganta o espesor de soldadura.

$$S_y = \frac{(11.75')^2 \cdot (0.353')}{3}$$

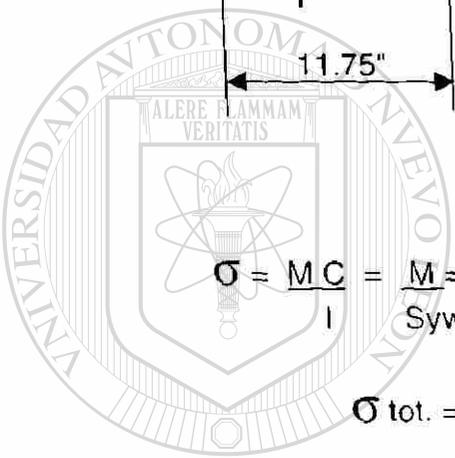
$$S_y = 16.25 \text{ in}^3.$$

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I} = \frac{M}{S_y}$$

$$\sigma = \frac{95,462}{16.25} = 5,876 \text{ psi}$$

$$\sigma_{tot.} = T + \sigma = + \frac{5,876}{5,754}$$

$$\sigma_{tot.} = 11,630 \text{ psi} < 14000 \text{ psi para soldadura AWS E-7018}$$

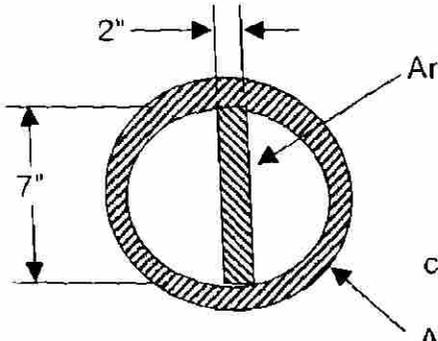


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

3). Corte sobre tubo de redondeo y placa de refuerzo :

a). Corte ( T ) :  $I = 82,673 \text{ At} + \text{Ar}$



$$I = \frac{82,673}{33.93}$$

$$T = 2437 \text{ psi}$$

Considerando sea placa ASTM A-36 con un limite elastico minimo aparente de 36.000 psi

tubo de 8" dia. Nom. Ced.140  
 diam. ext.: 8.625"  
 diam. int.: 7.001"

$$A_t = 3.14159 \cdot 4 \cdot (8.625^2 - 7.001^2)$$

$$A_t = 19.93 \text{ in}^2$$

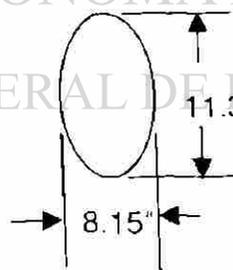
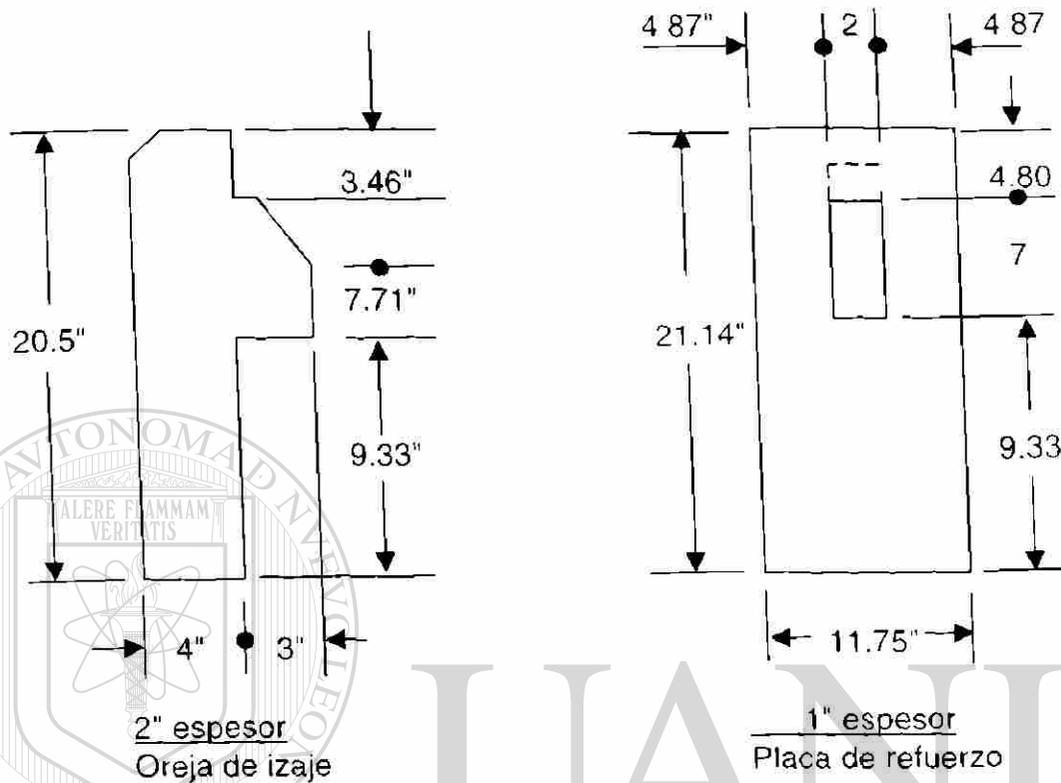
$$A_r = 2" \cdot 7$$

$$A_t = 14.00 \text{ in}^2$$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## 4). Dimensionado de los principales elementos :



1/2" espesor  
Placa de cierre

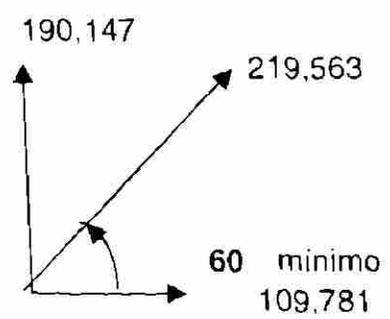
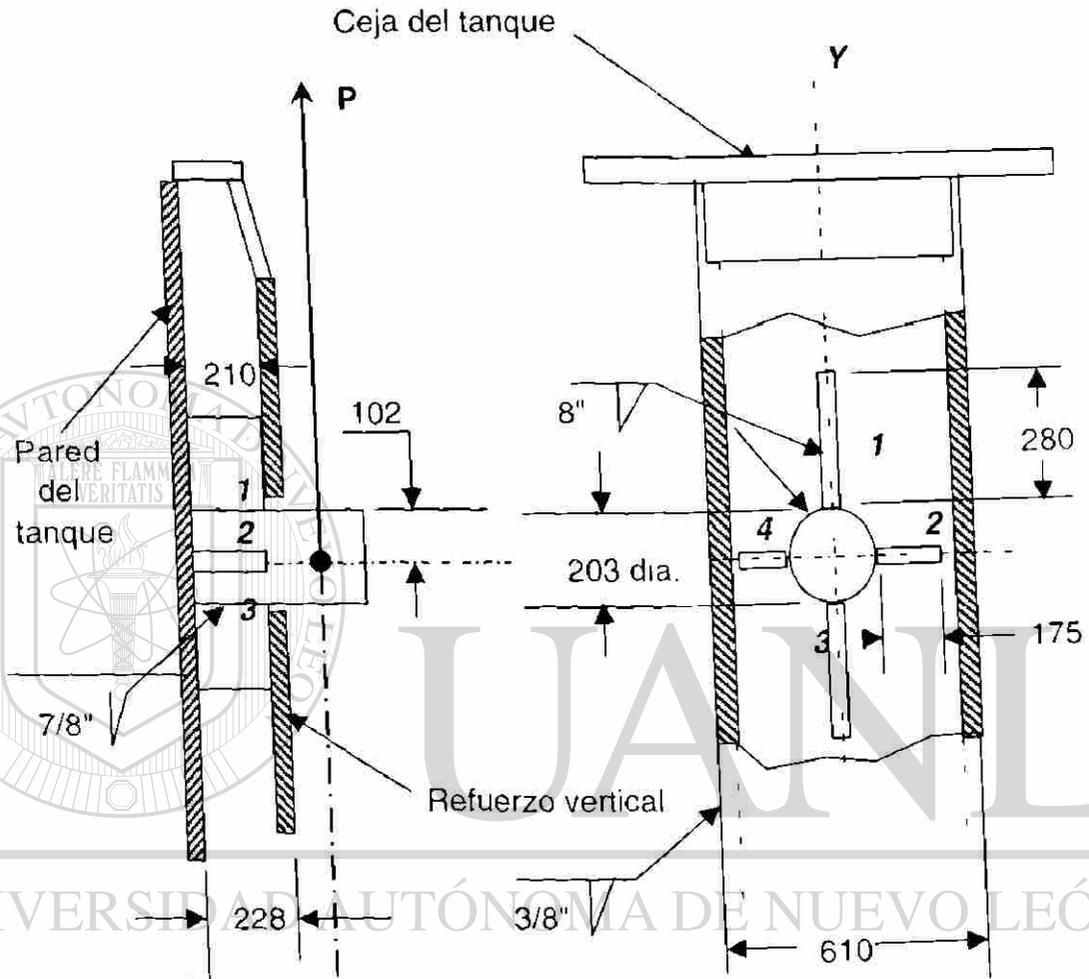
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

6.7.5 ANALISIS DE LAS OREJAS TIPO 2

Orden PA6801 / 02

DIMENSIONES DE LA OREJA :



$60 = 1.047 \text{ rad.}$

DATO DE ENTRADA :

Peso Transformador =	345,000 kg.	=	760,587 lb.
No. De orejas =	4 pzs.		
Carga por oreja =	86,250 kg.	=	190,147 lb.

## 6.7.6 PARAMETROS DE DISEÑO

Factor de Seguridad mínimo segun ANSI 9.2.6.1 : **5**

Soldadura AWS E-7018 Esfuerzo ultimo = 70,000 psi = 4,923 kg<sup>2</sup>. cm

Soldadura AWS E-7018 Esfuerzo de trabajo = 14,000 psi = 984 kg<sup>2</sup>. cm

Barra de cold rolled ANSI 1020 = 36,000 psi = 2,532 kg<sup>2</sup>. cm  
con esfuerzo de trabajo

Placa ASTM A-36 con un esfuerzo de trabajo = 43,000 psi = 3,024 kg<sup>2</sup>. cm

### 1). Análisis en la dirección Y :

a). Esfuerzo a corte en la soldadura ( T ) :

$$T = \frac{86.250}{(28 \times 4 + 17.5 \times 4 + 3.14159 \times 20)} (0.673)$$

$$T = 523 \text{ kg./cm}^2 < 984 \text{ kg}^2./\text{cm para soldadura}$$

AWS E-7018

b). Esfuerzo a corte en la soldadura debido al Momento maximo  
( Mmax ) en 1; 2; 3; 4:

$$M_{\max} = 86.250 * (28) = 2.415.000 \text{ kg-cm}$$

$$\sum M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = M_{\max}$$

$$10.2 P_1 + 10.2 P_2 + 10.2 P_3 + 10.2 P_4 = 2.415.000 \text{ kg-cm}$$

por simetría:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{2.415.000}{40.8}$$

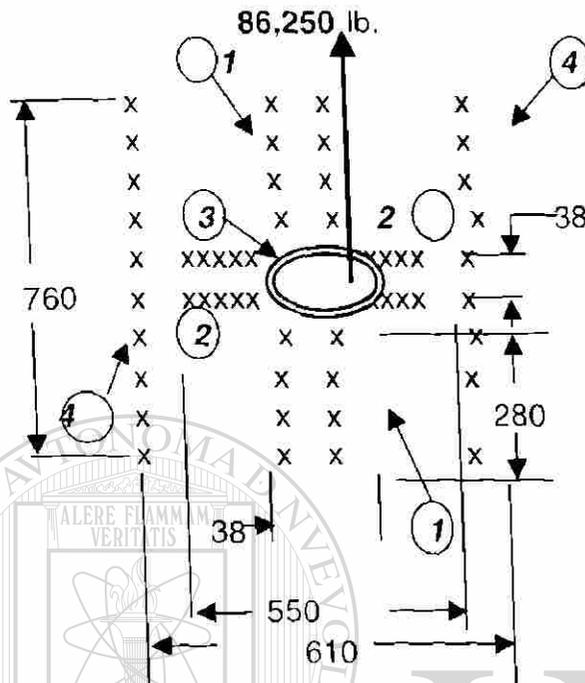
$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 59.191 \text{ kg.}$$

$$T = \frac{59.191}{(2)(21.2)(1.571)}$$

$$T = 889 \text{ kg./cm}^2 < 984 \text{ kg}^2./\text{cm para soldadura}$$

AWS E-7018

c). Esfuerzo debido al Momento en la pared tratando la soldadura como un hilo ( M ) :



$$\text{Max} = 2,415,000 \text{ kg-cm}$$

$$S1y = (3.8)(28.0)(0.673)$$

$$S1y = 72 \text{ cm}^3$$

$$I2y = (55.0)^3 6 - (20.0)^3 6$$

$$I2y = 26,396 \text{ cm}^4$$

$$S2y = \frac{26,396 (0.673)}{(55.0 2)}$$

$$S2y = 646 \text{ cm}^3$$

$$S3y = (3.14159)(10.0)^2(0.673)$$

$$S3y = 211 \text{ cm}^3$$

$$S4y = (61.0)(76.0)(0.673)$$

$$S4y = 3120 \text{ cm}^3$$

$$S_{ytot} = 2S1y + S2y + S3y + S4y$$

$$S_{ytot} = (2 \times 72 + 646 + 211 + 3120)$$

$$S_{tot} = 4121 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{M}{S_{ytot}} = \frac{2,415,000}{4121}$$

$$\sigma = 586 \text{ kg./cm}^2 < 984 \text{ kg}^2./\text{cm para soldadura AWS E-7018}$$

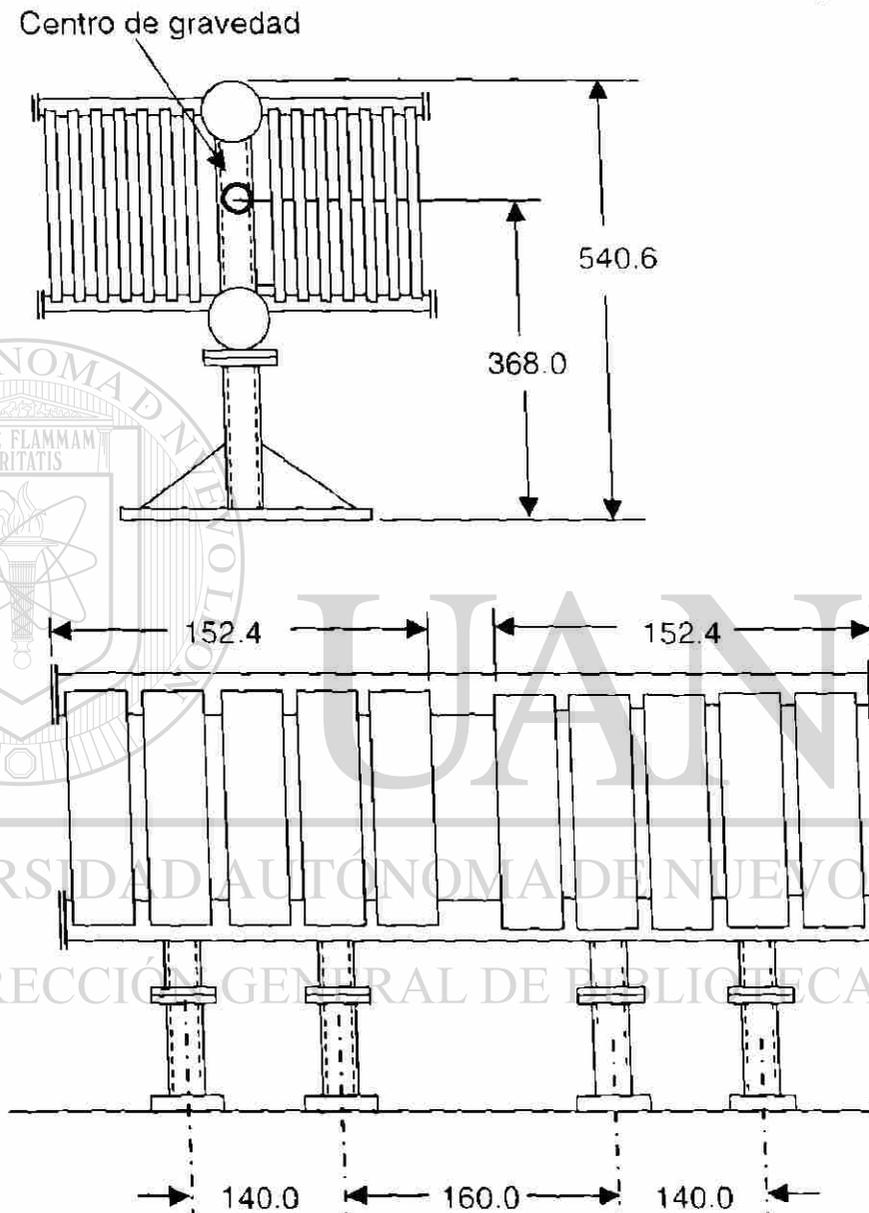
d). Esfuerzo a corte en la barra de la oreja ( T ) :

$$T = \frac{86,250}{(3.14159 4)(20.0)^2}$$

$$T = 275 \text{ kg./cm}^2 < 2,532 \text{ kg}^2. \text{ cm para barra de cold rolled ANSI \#1020}$$

**6.8 CALCULO DEL SOPORTE PARA BANCO DE RADIADORES DE ENFRIAMIENTO POR CONVECCION (OA) Y FORZADO (FA) INDEPENDIENTE DEL TANQUE PRINCIPAL DEL TRANSFORMADOR**

Orden : PA6801 / 02



**6.8.1 PARAMETROS DE DISEÑO**

Peso total de los 2 bancos de radiadores: **48,000 kg.**

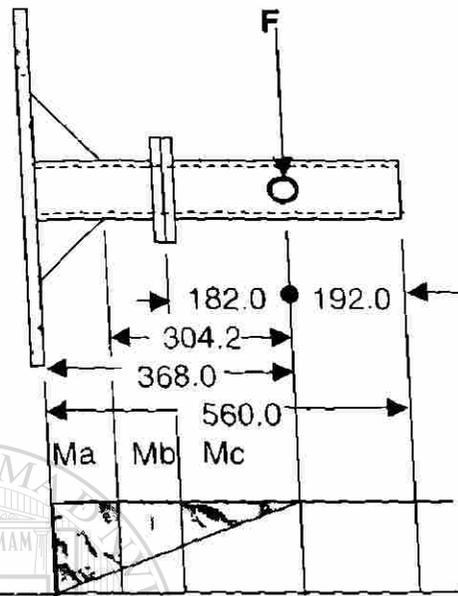
Cantidad total de soportes para los bancos : 8 pzas.

De datos de características particulares del sitio de instalacion.

Aceleración horizontal máxima : **0.042 G**

Factor de seguridad del diseño : **5**

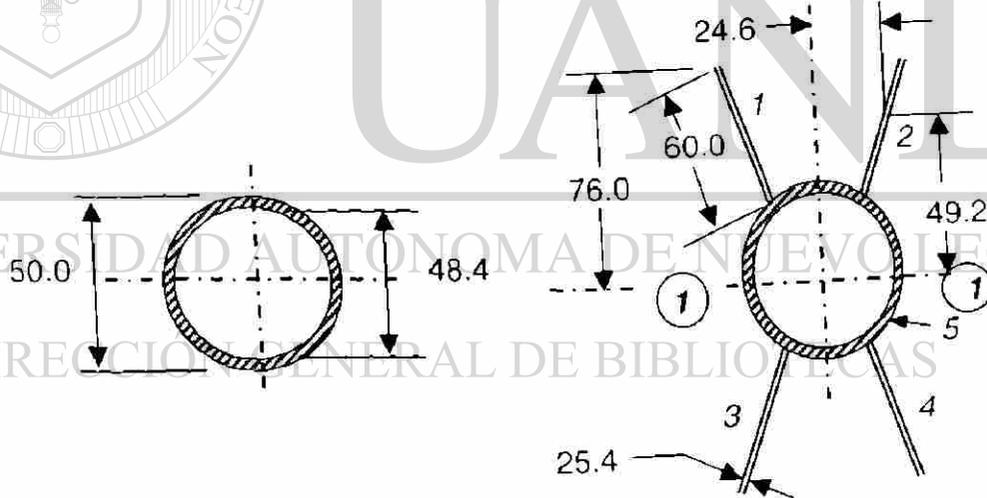
6.8.2 ESQUEMA DE CARGA SOBRE LAS COLUMNAS



$$F = ( 48.000 / 8 ) ( 0.042 )$$

$$F = 1260 \text{ kg.}$$

6.8.3 DIMENSIONES DEL SOPORTE



Sección en (a)

Sección en (b)

diam. ext.= 50.0 cm.  
 diam. int.= 48.4 cm.  
 Area a = 123.7 cm<sup>2</sup>.

diam. ext = 50.0 cm.  
 diam. int = 48.4 cm.  
 Area b = 733.3 cm<sup>2</sup>.

#### 6.8.4 CALCULO DE LOS MOMENTOS POLARES DE INERCIA Y MODULOS DE SECCION PARA LOS SOPORTES

$$I = (3.14159 / 64)(50.0^2 - 48.4^2) \quad I = 37425 \quad \text{cm}^4$$

$$\text{Seq a} = I/C = \frac{37424.81}{25.0} \quad \text{Seq a} = 1497 \text{ cm}^3$$

$$I1 = I2 = I3 = I4 = (1/12)(2.54)(60.0)^3$$

$$I1 = I2 = I3 = I4 = 45720 \text{ cm}^4$$

$$I5 = I = 37425 \text{ cm}^4$$

$$I11 = I21 = I31 = I41 = 45720 + (2.54)(60)(49.2)^2$$

$$I11 = I21 = I31 = I41 = 414626 \text{ cm}^4$$

$$I_{eq} = (4)(414626) + 37.425$$

$$I_{eq} = 1695927 \text{ cm}^4$$

$$\text{Seq b} = \frac{1695927}{76.0}$$

$$\text{Seq b} = 22315 \text{ cm}^4$$

a) Análisis de esfuerzos combinados en los puntos ( a ) y ( b ) :

$$M_a = (1,260 \text{ kg.})(304.2 \text{ cm}) = 383.292 \text{ kg-cm.}$$

$$M_b = (1,260 \text{ kg.})(368.0 \text{ cm}) = 463.680 \text{ kg-cm.}$$

$$\sigma_a = M_a / \text{Seq a}$$

$$T_a = F / \text{Area a}$$

$$\sigma_b = M_b / \text{Seq b}$$

$$T_b = F / \text{Area b}$$

$$\sigma_a = T_a + \sigma_a$$

$$\sigma_a = ( 1,260 \text{ kg.} / 123.6 \text{ cm}^2 ) + ( 383.239 \text{ kg-cm.} ) ( 1.497 \text{ cm}^3 )$$

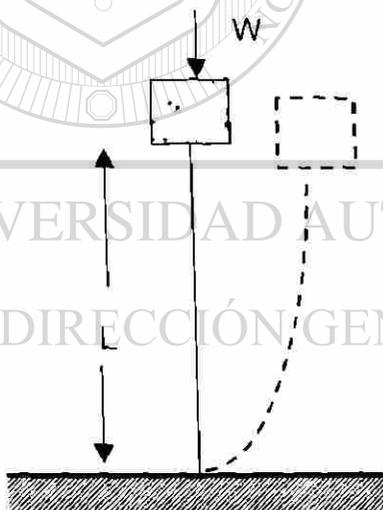
$$\sigma_a = 266 \text{ kg./cm}^2 < 3,024 \text{ kg cm}^2 \text{ para placa de acero al carbón ASTM A-36}$$

$$\sigma_b = T_b + \sigma_b =$$

$$\sigma_b = ( 1,260 \text{ kg.} / 733.3 \text{ cm}^2 ) + ( 463.680 \text{ kg-cm.} ) ( 22.315 \text{ cm}^3 )$$

$$\sigma_b = 22 \text{ kg./cm}^2 < 3,024 \text{ kg cm}^2 \text{ para placa de acero al carbon ASTM A-36}$$

### b) Análisis de los soportes como columnas :



Fa = Esfuerzo permisible a compresion

W = Carga por columna de apoyo

K = Constante (Manual AHMSA Pag. 22)

L = Longitud de la columna

$K L / r$  = Relacion de esbeltez  
(donde r = radio de giro menor)

Fb = Esfuerzo permisible a flexion

E = Modulo de elasticidad para el acero

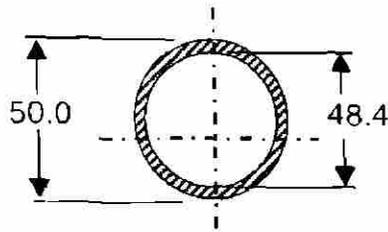
Fy = Limite elastico minimo aparente  
( para acero ASTM A-36 )

$$W = 48.000 \text{ kg.} * 5 \text{ } \leftarrow \text{factor de seguridad} \text{ } 8 \text{ columnas} = 30.000 \text{ kg.}$$

$$K = 12$$

$$L = 540.6 \text{ cm.}$$

$$E = 2'100.000 \text{ kg}^2/\text{cm.} \quad Fy = 2531 \text{ kg}^2. \text{ cm.}$$



$$r = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4}$$

$$r = \frac{\sqrt{(50.0)^2 + (48.4)^2}}{4}$$

$$r = 17.40$$

$$KL/r = (1.2)(540.6) / 17.4$$

$$KL/r = 37.3$$

$$C_c = \frac{\sqrt{(2)(3.14159)^2 * E}}{F_y}$$

$$C_c = \frac{\sqrt{(2)(3.14159)^2 * 2,100,000}}{2531}$$

$$C_c = 128$$

Dado que:  $C_c > KL/r$

$$F_a = \frac{1 - \left( \frac{(KL/r)^2}{2 C_c^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8 C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8 C_c^3}} * F_y$$

$$F_a = \frac{1 - \left( \frac{(37.3)^2}{2(128)^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3(37.3)}{8(128)} - \frac{(37.3)^3}{8(128)^3}} * 2.531$$

$$F_a = 1,367 \text{ kg./cm}^2$$

$$F_a = 30,000 \text{ kg.} / 123.7 \text{ cm}^2$$

real

$$F_a = 243 \text{ kg. cm}^2$$

real

$F_a < F_a$ <b>real</b>
----------------------------

Por lo tanto son adecuados y suficientes los soportes

## GLOSARIO DE TERMINOS

A continuación se proporciona una breve explicación a algunos de los términos o nombres de componentes y accesorios empleados dentro del diseño y la fabricación del transformadores de potencia:

### **ARMADO INTERNO:**

Dibujo a escala o proyección del arreglo preliminar que tendrá la parte viva del transformador, ubicando las boquillas claros mecánicos requeridos, distancias dieléctricas a respetar dependiendo de los niveles de voltajes, etc

### **AUTOTRANSFORMADOR:**

Es un transformador que tiene como característica principal que sus devanados de alta y baja tensión se encuentran interconectados, normalmente se usan en sistemas monofásicos de alta tensión 230 kV o 400 kV.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **BOBINA:**

Arrollamiento cilíndrico de conductor o solera de cobre de sección rectangular con esquinas redondeadas para eliminar los filos, aislados con varias capas de papel delgado, dando de esta manera la rigidez dieléctrica y mecánica para soportar un voltaje determinado. La estructura de la bobina se selecciona de acuerdo a su aplicación y para cumplir los requerimientos eléctricos y de tamaño al menor costo operativo, bobinas tipo disco helicoidales, etc.

**BOQUILLA:**

Terminal de conexión exterior del transformador para alimentar o extraer la corriente eléctrica manteniendo la estanqueidad del mismo. Generalmente fabricada en porcelana eléctrica de alta calidad.

**DEVANADO:**

Véase bobina.

**H:**

Letra inicial empleada para designar el termino de alta tension, se emplea tanto para bobinas o devanados como para las boquillas correspondientes.

**HERRAJES:**

Componentes estructurales que dan rigidez a la parte viva del transformador, generalmente en forma de canal los complementan tirantes de acero con pernos de alta resistencia y o cianurados para evitar se barran durante su apriete y liberen rebabas que son letales para el transformador. Cajas robustas en los extremos tanto superior como inferior complementan la estructura, eliminando el movimiento del nucleo.

**HYDRAN:**

Accesorio diseñado para ser montado en el transformador de potencia y mediante conexión a la válvula al interior del tanque censa la cantidad de partes por millón de hidrógeno que pudiera estar disueltas en el aceite dielectrico, indicando el inicio de una falla potencial en el mismo.

**Ho:**

Letras iniciales empleadas para designar el termino de neutro de a la tensión, se emplea para terminales y boquillas.

**INDICADOR DE TEMPERATURA DEL ACEITE (I.T.A.).**

Accesorio empleado para censar la temperatura del aceite aislante proximo a la tapa. De tipo carátula para instalacion directa en termoposo o por medio de tubo capilar para bajar a una altura adecuada para lectura de un hombre al nivel de piso, cuenta con contactos para alarma y disparo.

**INDICADOR DE TEMPERATURA DEL DEVANADO (I.T.D.):**

Indicador de temperatura del devanado, accesorio empleado para censar la temperatura del aceite aislante próximo a la tapa, mas un incremento por el calentamiento de una bobina con una corriente proporcional a la que circula en la boquilla donde esta el transformador de corriente que alimenta su primario. De tipo carátula para instalación directa en termoposo o por medio de tubo capilar para bajar a una altura adecuada para lectura de un hombre al nivel de piso.

**NUCLEO:**

Para formar el nucleo magnetico del transformador, se emplea acero al silicio del alto grado de electrico con grano orientado para bajas perdidas, formado de laminaciones apiladas y traslapadas individualmente para proporcionar características magneticas optimas

**PARTE VIVA:**

La parte viva se define al conjunto formado por el nucleo y las bobinas, sujeta rigidamente al tanque por una estructura metalica, arriba, abajo y a los lados, la cual asegura la rigidez durante el manejo y el transporte

**RADIADOR:**

Elemento del transformador empleado para la disipación del calor generado durante la operación del mismo. Fabricado originalmente con tubos unidos a un cabezal superior y otro inferior, bridado, pero en la actualidad los más eficientes son fabricados con laminas troqueladas llamadas 'obleas', las cuales al soldarse entre sí forman ductos por donde circula el aceite para ser enfriado.

**REACTOR:**

Reactor es un autotransformador que es utilizado para estabilización de valores de alta corriente en el devanado de baja tensión, para hacer cambios en su regulación, normalmente se ubica dentro del propio tanque del transformador principal.

**RELEVADOR BUCHHOLZ:**

Mecanismo diseñado para que por medio de tuberías de venteo se centralice la captación de gases generados por calentamiento en operación normal y/o durante fallas por arcos internos. Para brindar los medios de toma de muestra de gases para su análisis, y que cuenta con microinterruptores accionados por medio de flotadores, que se emplean para alarma al cerrar por acumulación de gases o bajo nivel y desconexión o disparo del transformador, que cierran por una perturbación repentina del aceite (flujo súbito) o por bajo nivel de aceite. (véase características generales de construcción e instalación del relevador Buchholz en la norma C.F.E. K0000-06 inciso: 6.1.11.1).

**RELEVADOR MECANICO DE SOBREPRESION (R.M.S.):**

Mecanismo diseñado purgar a la atmósfera la sobrepresión interna generada en el transformador durante una falla, consiste en una tapa sellada por la presión de un resorte calibrado, que al ser vencido por la presión interna abre a la atmósfera.

**RELEVADOR DE PRESION SUBITA (R.P.S.):**

Mecanismo diseñado detectar una sobrepresión interna generada en el transformador durante una falla, y desconectar inmediatamente el aparato con la finalidad de reducir hasta donde sea posible un daño mayor a la integridad del aparato y demás elementos próximos.

**REGISTRO HOMBRE:**

Acceso al interior del transformador para inspección y desconexiones mediante un agujero brido y con tapa atornillada, que puede ser localizado tanto en el tanque como en la tapa del transformador, de acuerdo a Norma ANSI C.57-12.00, deberá ser de por lo menos 533 mm. (21 ") de diámetro interior.

**TRANSFORMADOR SERIE (SERIE).**

Transformador serie es un auxiliar utilizado como su nombre lo indica en conexión serie con el devanado de alta tensión con la finalidad de ampliar el devanado de regulación propio del transformador

**TANQUE CONSERVADOR:**

Tanque cilíndrico complementario de preservación de aceite, diseñado para absorber las variaciones de nivel del aceite aislante debidas al cambio de volumen por el cambio de temperatura en la operación del transformador. Conectado a la tapa del tanque principal por medio de tubería.

**TC (TC's.):**

Abreviación de transformador de corriente o en inglés CT componente utilizado en los transformadores de potencia para la medición proporcional de corriente que circula por un devanado determinado

**TP (TP's.):**

Abreviación de transformador de potencial o voltaje, componente utilizado en los circuitos de control de transformadores de potencia para la medición proporcional del voltaje entre devanados.

**X:**

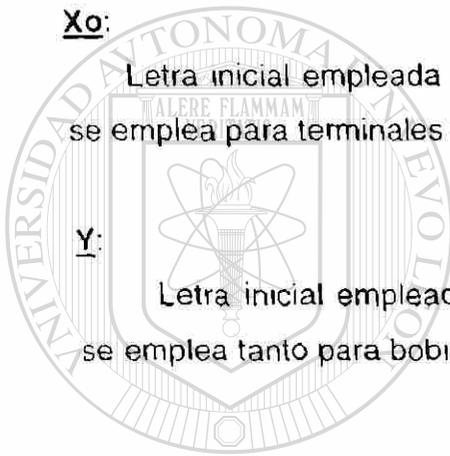
Letra inicial empleada para designar el termino de alta tension. se emplea tanto para bobinas ó devanados como para las boquillas correspondientes

**Xo:**

Letra inicial empleada para designar el termino de neutro de baja tension. se emplea para terminales y boquillas.

**Y:**

Letra inicial empleada para designar el termino de devanados terciarios. se emplea tanto para bobinas como para las boquillas correspondientes



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

A continuación se proporciona lista de libros y artículos relacionados con el desarrollo de la presente tesis:

**American National Estándar Institue:** ANSI IEEE C57-12.00-1987

pag.: 26-27.

Number: C57.12.10-1988

<http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp?sku=C57%2E12%2E10%2D1988>

**Comisión Federal de Electricidad:** Especificacion CFE K0000-06. 1990,

pag.: 4, 7-10, 22-35.

Documentos Normalizados CFE

K0000-06 95 08 Transformadores de potencia de 10 MVA y mayores.

<http://www.cfe.gob.mx/lapem/html/transmi/transmi.html>

**Copper development association:** Copper for busbars. 1984. pag.: 19-22

(Orchard House, Mutton Lane, Potters Bar, Herts Tel.: (0707) 50711

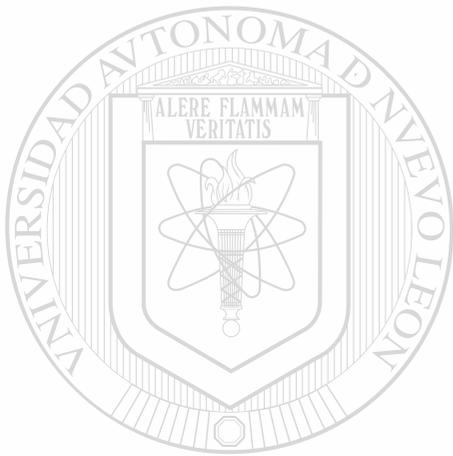
**DUNTON, W.F.:** Electromagnetic Forces on Current-carrying Conductors.

J.Sci.Instr., 4. pp: 440-446.

**Mc. Graw-Hill:** Metals Engineering: Design

**SCHURING, O.E. and SAYRE, M.F.:** Mechanical Stresses on Busbar Supports During Short-Circuits. A.I.E.E. Trans., **44**, 1952, pp: 217-237.

**SCHURING, O.E., FRICK, C.W. and SAYRE, M.F.:** Practical Calculations of Short-Circuits Stresses in Supports for Straight Parallel Bus Conductors. Gen Elec. Rev., **29**, 1926, pp: 534-544.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## LISTADO DE FIGURAS

A continuación se en listan las figuras de referencia empleadas:

FIGURA	Descripción	Página
1	Localización de segmentos.	15
2	Localización de boquillas	15
4.1	Arreglo típico de separación entre barras conductoras de cobre.	35
4.2	Representación de las barras de cobre bajo carga distribuida.	36
4.3	Representación de las paredes del tanque bajo carga	41
4.4	Representación del arreglo de paneles y refuerzos horizontales en las paredes del tanque	42
4.5	Representación del refuerzo sobre la pared del tanque.	44
4.6 (a)	Representación de la presión sobre la pared del tanque.	46
4.6 (b)	Detalle del anclaje de la ceja a la tapa del transformador.	46
4.7 (a)	Vista de planta para ubicar las coordenadas para los centros de gravedad.	52
4.7 (b)	Vista por segmento No.1 para ubicar las coordenadas para los centros de gravedad	52
5 (a) y (b)	Figuras de consideraciones en el dimensionado de componentes ( ceja; refuerzos del tanque; base; etc.)	167

## LISTADO DE TABLAS

A continuación se proporciona lista de las tablas de referencia y consulta

TABLA	Descripción	Página
2.1	Dimensiones de provisiones para gateo según Norma ANSI C.57-12.10-1988.	19
4.1	Relación entre lado mayor (R) y lado menor (r) de la pared del tanque del transformador para obtener constantes k y k1.	43
4.2	Valores de la constante K dependiendo del tipo de apoyo.	44
5	Tabla comparativa de características de peso y volumen de radiadores.	154
6	Ejemplo de estandarización de herrajes para núcleos de tres piernas.	159
7	Ejemplo de estandarización de herrajes para núcleos de cinco piernas.	163

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

Tabla No.5 Comparacion de características de peso y volumen de radiadores

1	2	3	5	6	7	9	10	11	12
Radiadores Prolec							Radiadores Tranter		
Rad	kg.	lt	lb	gal.	E EC	Oblea	Rad	b	ga
6015	198	43	436.6	11.36	60	15	6015	429.2	23.5
6016	211	46	465.3	12.15	60	16	6016	457.6	25
6017	223	49	491.7	12.95	60	17	6017	486	26.6
6018	235	52	518.2	13.74	60	18	6018	514.4	28.2
6019	248	55	546.8	14.53	60	19	6019	542.8	29.7
6020	260	57	573.3	15.06	60	20	6020	571.2	31.3
6021	272	60	599.8	15.85	60	21	6021	599.6	32.8
6022	285	63	628.4	16.64	60	22	6022	628	34.4
6023	297	66	654.9	17.44	60	23	6023	656.4	35.9
6024	310	69	683.6	18.23	60	24	6024	684.8	37.5
6025	322	72	710	19.02	60	25	6025	713.2	39
6026	334	75	736.5	19.82	60	26	6026	741.6	40.6
6027	347	78	765.1	20.61	60	27	6027	770	42.1
6028	358	80	789.4	21.14	60	28	6028	798.4	43.7
6029	371	83	818.1	21.93	60	29	6029	826.8	45.2
6030	384	86	846.7	22.72	60	30	6030	855.2	46.8
6031	396	89	873.2	23.51	60	31	6031	883.6	48.3
6032	408	92	899.6	24.31	60	32	6032	912	49.8
6033	421	95	928.3	25.1	60	33	6033	940.4	51.4
6615	215	47	474.1	12.42	66	15	6615	467.6	25.3
6616	228	51	502.7	13.47	66	16	6616	469.6	27
6617	242	54	533.6	14.27	66	17	6617	529.5	28.8
6618	255	57	562.3	15.06	66	18	6618	605	30.3
6619	269	60	593.1	15.85	66	19	6619	591.4	32
6620	282	63	621.8	16.64	66	20	6620	622.4	33.7
6621	296	66	652.7	17.44	66	21	6621	653.4	35.3
6622	309	69	681.3	18.23	66	22	6622	684.3	37
6623	322	73	710	19.29	66	23	6623	715.3	38.7
6624	336	76	740.9	20.08	66	24	6624	746.3	40.4
6625	349	79	769.5	20.87	66	25	6625	777.2	42
6626	363	82	800.4	21.66	66	26	6626	808.2	43.7
6627	376	85	829.1	22.46	66	27	6627	839.1	45.4
6628	390	88	860	23.25	66	28	6628	870.1	47.1
6629	403	92	888.6	24.31	66	29	6629	911	48.7
6630	417	95	919.5	25.1	66	30	6630	932	50.4
6631	430	98	948.2	25.89	66	31	6631	962.9	52
6632	444	101	979	26.68	66	32	6632	993.9	53.7
6633	457	104	1008	27.48	66	33	6633	1024.8	55.3
7215	231	52	509.4	13.74	72	15	7215	506	27.1
7216	245	55	542	14.53	72	16	7216	539.6	28.3
7217	260	59	573.3	15.59	72	17	7217	573.1	30.7
7218	274	62	604.2	16.38	72	18	7218	606.6	32.3
7219	289	65	637.2	17.17	72	19	7219	641	34.3
7220	303	69	668.1	18.23	72	20	7220	671	36.1
7221	318	72	712	19.02	72	21	7221	712	37.9
7222	333	76	734.3	20.08	72	22	7222	747	39.6
7223	347	79	765.1	20.87	72	23	7223	774.2	41.4

7224	362	83	798 2	21.93	72	24	7224	8 7 7	4 2
7225	376	86	829 1	22.72	72	25	722	841 3	45
7226	391	90	862 2	23.78	72	26	7226	874 8	46 8
7227	405	93	893	24 57	72	27	7227	9 8 3	48 6
7228	420	96	926 1	25 36	72	28	7228	941 8	4
7229	434	100	957	26 42	72	29	7229	975 4	52 2
7230	449	103	99	27 21	72	3	723	1 8 9	54
7231	463	107	1 21	28 27	72	31	7231	1 42 4	5 8
7232	478	110	1 54	29 06	72	3	7232	1 76	57 6
7233	493	114	1 87	30 12	72	33	7233	11 9 56	59 4
7815	247	56	544 6	14 8	78	15	781	514	8 9
7816	263	60	579 9	15 85	78	16	7816	58 5	3 8
7817	279	63	615 2	16 64	78	17	7817	616	32 7
7818	294	67	648 3	17 7	78	18	7818	652 7	34 6
7819	310	71	683 6	18 76	78	19	7819	68 8	36
7820	325	75	716 6	19 82	78	2	782	724 9	38
7821	341	78	751 9	20 61	78	21	7821	761	4 4
7822	357	82	787 2	21 66	78	22	782	797 1	42 3
7823	372	86	82 3	22 72	78	23	7823	833 1	44 2
7824	388	90	855 5	23 78	78	24	7824	869 2	46 1
7825	403	93	888 6	24 57	78	25	782	9 5 3	48
7826	419	97	923 9	25 63	78	26	7826	941 4	49 9
7827	435	101	959 2	26 68	78	27	782	977 5	51 3
7828	450	105	992 3	27 74	78	28	782	1 13 6	53 8
7829	466	108	1028	28 53	78	29	782	1 49 7	5 7
7830	482	112	1 63	29 59	78	3	78	1 65 8	57 5
7831	497	116	1096	30 65	78	31	7831	1 95 2	59
7832	513	119	1131	31 44	78	32	783	1121 3	61 4
7833	528	123	1164	32 5	78	33	783	1117 4	63
8415	263	60	579 9	15 85	84	15	841	582 9	30 7
8416	280	64	617 4	16 91	84	16	8416	621 5	32 7
8417	297	68	654 9	17 97	84	17	8417	66 2	34 8
8418	314	72	692 4	19 2	84	18	841	638 8	6 8
8419	330	76	727 7	20 08	84	19	8419	737 5	38 8
8420	347	80	765 1	21 14	84	2	842	776 1	4 3
8421	364	84	802 6	22 19	84	21	84 1	814 8	42 4
8422	38	88	837 9	23 25	84	22	8422	8 3 4	44 9
8423	397	92	875 4	24 31	84	23	842	892 1	47
8424	414	96	912 9	25 36	84	24	8424	93 7	49
8425	43	101	948 2	26 68	84	25	8425	969 4	51
8426	447	105	985 6	27 74	84	26	8426	1 08	53 1
8427	464	109	1023	28 8	84	27	8427	1 46 7	5 1
8428	481	113	1 61	29 85	84	28	842	1 8 3	57 1
8429	497	117	1 96	30 91	84	29	8429	1124	9 2
8430	514	121	1133	31 97	84	3	84	1162 6	61
8431	531	125	1171	33 3	84	31	8431	12 1 2	6 4
8432	547	129	12 6	34 8	84	3	84	1 39 8	65 6
8433	564	133	1244	35 14	84	3	84 3	127 9	67
9015	28	65	617 4	17 17	90	1	9 1	621 3	32
9 16	297	69	654 9	18 23	90	16	9 16	662 5	34 5
9 17	315	73	694 6	19 29	9	17	9 17	7 3 7	36
9 18	333	78	734 3	20 61	90	18	9 18	745	39

9019	351	82	774	21 66	90	19	9019	7 6 2	41 1
9020	369	86	813.6	22.72	90	2	902	827 4	43 3
9021	387	90	853 3	23 78	90	21	9021	868 6	45 4
9022	404	95	81 8	25 1	90	22	9022	9 9 8	47 6
9023	422	99	930 5	26 16	90	23	902	951	49 7
9024	440	103	97 2	27 21	90	24	9 24	992 2	51 9
9025	458	108	1 10	28 53	90	25	9 25	1 33 4	54
9026	475	112	1 47	29 59	90	26	9026	1 74 6	56 2
9027	493	116	1 87	30 65	9	27	9 27	111 8	58 3
9028	511	121	1127	31 97	9	28	9028	1157 1	6
9029	529	125	1166	33.03	90	29	9029	1198 3	62 6
9030	547	129	1206	34 08	90	3	903	1239 5	64 8
9031	564	134	1244	35 4	90	31	9031	128 7	67
9032	582	138	1283	36 46	9	32	9 32	1 21 9	69 2
9033	600	142	1323	37 52	90	33	9 3	1363 1	71 4
9034	no ma	n ma	n ma	n ma	n ma	n ma	r n	n manufac	n manuf
9035	n ma	no ma	n ma	no ma	no ma	n ma	r n	n manufac	n manuf
9036	r ma	no ma	n ma	no ma	no ma	n ma	r n	n manufac	n manuf
9615	296	69	652 7	18 23	96	1	9615	6 9 8	34 3
9616	315	74	694 6	19 55	96	16	9616	7 3 7	6 6
9617	334	78	736 5	20 61	96	17	961	747 3	8 8
9618	353	83	778 4	21 93	96	1	961	791 1	41 1
9619	372	87	82 3	22 99	96	17	961	834	43 1
9620	391	92	862 2	24 31	96	2	962	878 6	45
9621	4 9	96	901 8	25 36	96	21	96 1	92 4	47 9
9622	428	101	943 7	26 68	96	22	96	966	2
9623	447	106	985 6	28 1	96	23	962	1 9 9	2
9624	465	110	1 28	29 06	96	24	9624	1 3 7	54 8
9625	485	115	1 69	30 38	96	2	96	1097 5	7
9626	504	119	1111	31 44	96	26	9626	1141 2	9 3
9627	523	124	1153	32 76	96	2	962	118	61 6
9628	542	129	1195	34 08	96	28	962	1228 8	7
9629	561	133	1237	35 14	96	29	9629	1272 6	66 1
9630	579	138	1277	36 46	96	3	963	1 16	68 4
9631	598	142	1319	37 52	96	31	96 1	1 6 1	7 7
9632	617	147	1360	38 84	96	3	9632	14 9	72 9
9633	636	152	1402	40 16	96	33	96	144 6	7
9634	658	156	1451	41 22	96	34	9634	1491 4	77
9635	677	161	1493	42 54	96	3	963	15 2	79 8
9636	696	165	1535	43 59	96	6	96 1	1 7 3	8
1 215	312	73	688	19 29	1 2	1	1 21	696 2	36 1
10216	332	78	732 1	2 61	102	16	1 216	744 5	3
10217	352	83	776 2	21 93	102	17	1 21	79 8	4 9
10218	372	88	82 3	23 25	1 2	1	1 21	83 2	43
10219	392	93	864 4	24 57	102	19	10219	883 5	45 7
10220	412	98	908 5	25 89	102	2	1022	929 9	4 1
1 221	432	103	952 6	27 21	102	21	1 221	976 2	5
10222	452	107	996 7	28 27	102		1 22	1 22 5	5 8
1 223	472	112	1 41	29 59	102	23	1 22	1 68 9	55 2
1 224	492	117	1 85	30 91	1 2	24	1 224	111 2	57 6
1 225	512	122	1129	32 23	1 2	25	1 22	1161	6
1 226	532	127	1173	33 55	1 2	26	10226	12 7 9	62 4

10227	552	132	1217	34 87	102	27	10227	12 4 2	64 8
10228	572	137	1261	36 2	102	28	1 22	13	67 5
10229	592	142	13 5	37 52	102	29	10229	1346 9	69 6
1 230	612	146	1349	38 57	102	3	1 2	1393 2	7
10231	632	151	1394	39 89	102	31	10231	14 9 5	74 4
10232	652	156	1438	41 22	102	32	1 2 2	1485 9	76
10233	672	161	1482	42 54	102	33	10233	153 2	79
10234	695	166	1532	43 86	102	34	102 4	1578 5	81 6
10235	716	171	1579	45 18	102	35	102	1624 9	81
10236	736	176	1623	46 5	102	36	1 2 6	1671 2	86 4
10815	329	78	725 4	20 61	108	15	1 81	7 6 6	37 9
10816	35	83	771 8	21 93	108	16	10816	78 5	4 4
10817	371	88	818 1	23 25	108	17	1 81 7	834 4	4 9
10818	392	93	864 4	24 57	108	18	1081	883 3	4 4
1 819	413	98	91 7	25 89	108	19	1 81 9	932 2	47 9
10820	434	103	957	27 21	108	2	1 82	981 1	5
10821	455	109	1 03	28 8	108	21	1 821	1 3	
10822	476	114	1 30	30 12	108	22	1 82	1078 9	5
10823	497	119	1 96	31 44	1 8	2	1082	112 8	8
10824	518	124	1142	32 76	108	4	1 821	1176 7	6 7
1 825	539	129	1188	34 8	108	25	1082	122 6	6
10826	560	134	1235	35 4	108	26	10826	1274 6	65
10827	581	140	1281	36 99	108	27	1 8 7	132 4	68 1
10828	602	145	1327	38 31	108	28	1082	1372	7 6
1 829	623	150	1374	39 63	108	29	1082 9	1421	73 1
10830	644	155	1420	40 95	108	3	1083	14 1	75 0
10831	665	160	1466	42 27	108	31	1 831	1 18 9	78 1
1 832	687	165	1515	43 59	108	3	1083	156 7 8	8
10833	707	171	1559	45 18	108	33	1083	1616 7	8 1
1 834	733	176	1616	46 5	108	34	1 834	160 6	5 7
1 835	754	181	1663	47 82	1 8	3	1 83	1714	8 2
10836	775	188	17 9	49 67	1 8	36	10836	1763 4	9
11415	345	82	76 7	21 66	114	15	1141	77 7	39
11416	367	87	809 2	22 99	114	16	11416	8 6 5	4
11417	389	93	857 7	24 57	114	17	11417	878	4
11418	411	98	906 3	25 89	114	18	1141	929 4	47 6
11419	433	104	954 8	27 48	114	19	1141 9	98 9	
11420	456	109	1 5	28 8	114	2	1142	1 32 3	9
11421	478	115	1 54	30 38	114	21	114 1	1 83 8	55
11422	5	120	11 3	31 7	114	22	1142	1135 2	8 1
11423	522	125	11 1	33 03	114	23	1142	1186 7	6
11424	544	131	12	34 61	114	24	1142 4	1 38	6 4
11425	566	136	1248	35 93	114	25	1142	1289 6	6
11426	588	142	1 97	37 52	114	2	1142	1 41 1	68 7
11427	611	147	1347	38 84	114	27	1142 7	1 9 5	71 3
11428	633	153	1396	40 42	114	28	11428	1444	7 9
11429	655	158	1444	41 74	114	29	1142 9	149 5	76
11430	677	164	1493	43 33	114	3	114	1 46 9	79
11431	699	169	1 41	44 65	114	31	11431	1598 4	1 8
11432	721	175	1 9	46 24	114	32	114	1649 8	84
11433	743	180	1638	47 56	114	3	1143	1 7 1 3	87 1
11434	77	185	1698	48 88	114	34	1143 4	1 7 2 7	89 7

11435	792	191	1746	50 46	114	35	114	18 4 2	9 4
11436	815	196	1797	51 78	114	36	11436	185 7	9 7
12015	361	86	796	22 72	120	15	1201	825 4	43 3
12016	384	92	846 7	24 31	120	16	12016	88 1	46 2
12017	408	98	899.6	25.89	120	17	12017	934 7	49
12018	431	103	950 4	27 21	120	18	12018	969 4	51 9
12019	454	109	1 01	28 8	120	19	12019	1 44	54 8
12020	477	115	1052	30 38	120	20	12020	1 98 7	7 7
12021	501	121	1105	31 97	120	21	12021	11 3 4	6
12022	524	126	1155	33 29	120	22	12 2	12	6 4
12023	547	132	12 6	34 87	120	23	12 3	12 7	6 3
12024	570	138	1257	36 46	120	24	12 21	131 3	6 3 1
12 25	593	144	1 8	38 04	120	25	12 2	1 72	7 2
12026	617	149	1360	39 37	120	26	12 3	1426 7	7 4 3
12027	640	155	1411	40.95	120	27	12027	1481 3	77
12028	663	161	1462	42 54	120	28	12028	1536	8 6
12029	686	167	1 13	44.12	120	29	12029	1 9 6	8
12030	710	172	1 66	45 44	12	30	12 3	164 3	86
12031	733	178	1616	47 3	120	31	12 1	1	89
12032	756	184	1 67	48 61	120	32	12 3	1754 6	3 1
12033	779	190	1718	50 2	120	33	12 3	18 9 3	94 3
12034	807	195	1779	51 52	120	34	120 4	1863 9	9 8
12035	831	201	183	53 1	12	35	120 1	191 6	1 7
12036	854	207	1883	54 69	12	36	12 31	197 3	1
12615	377	90	831 3	23 78	126	1	1261	86 8	4 1
12616	4 2	96	886 4	25 36	126	16	12616	921	48 1
12617	426	103	939 3	27 21	126	17	12617	978 3	1 1
12618	450	109	992 3	28 8	126	18	12618	1	54 1
12619	475	115	1 47	30 38	126	19	12619	1 9 7	57 1
12620	499	121	1100	31 97	126	20	126	1149 9	6 1
12621	523	127	1153	33 55	126	21	12621	12 7	63
12622	548	133	1208	35 14	126	22	12622	12 4 4	64
12623	572	139	1261	36 72	126	23	1 62	1 21 6	63
12624	596	145	1314	38 31	126	24	12624	1 7 8	7
12625	621	151	1369	39 89	126	25	126	1436	7
12626	645	157	1422	41 48	126	26	12626	149 3	8
12627	669	163	1475	43 06	126	27	12627	1 5 5	81
12628	693	169	1528	44 65	126	28	12628	16 7 7	84
12629	718	175	1583	46 24	126	29	12629	1664 9	88 3
12630	742	181	1636	47 82	126	30	126	1722 2	89 3
12631	766	187	1689	49 41	126	31	12631	1779 4	9 9
12632	791	193	1744	50 99	126	32	12632	1836 6	9 3
12633	815	199	1797	52 58	126	33	126	1893 8	96 3
12634	844	205	1861	54 16	126	34	12634	19 1	1 1 9
12635	869	211	1916	5 75	126	35	126	2 3	1 4 3
12636	893	217	1969	57 33	126	36	126	2 6	1 7 1

TABLA No.6: Ejemplo de estandarización de herrajes para núcleos de tres pernos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
DN	Perfil del herraje				Base PV	Peso				Cargas laterales		
	largo	ancho	espe	kg m		std.	largo	anch	e pes	pes	(	angu
300	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	220	13	t
301	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	221	13	t
302	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	222	13	t
303	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	223	13	t
304	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	223	13	t
305	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	224	13	t
306	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	225	13	t
307	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	225	13	t
308	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	226	13	b
309	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	226	13	b
310	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	228	14	t
311	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	228	14	t
312	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	229	14	t
313	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	230	14	t
314	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	231	14	b
315	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	231	14	t
316	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	232	14	t
317	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	233	14	t
318	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	234	14	t
319	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	234	14	t
320	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	235	14	t
321	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	236	14	t
322	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	236	14	t
323	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	237	14	t
324	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	238	14	t
325	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	239	14	b
326	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	239	14	t
327	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	240	14	t
328	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	241	14	t
329	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	242	14	t
330	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	242	14	t
331	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	243	14	t
332	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	244	14	t
333	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	245	15	t
334	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	245	15	t
335	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	246	15	t
336	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	247	15	t
337	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	248	15	t
338	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	248	15	t
339	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	249	15	t
340	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	250	15	t
341	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	251	15	t
342	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	251	15	b
343	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	252	15	t
344	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	253	15	t
345	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	253	15	t
346	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	254	15	b
347	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	255	15	t
348	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	256	15	t
349	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	256	15	t
350	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	257	15	t
351	152.4	101.6	7.9	29	PNA1358	750	160	50.8	48	258	15	t

	14	15	16	17	18	19	20	1	22	23	24	25				
total	Ancho	canal	tapa	peso t	oreja	ang	ang	s	ref	ap	her	ap	her	p	ref	t
240	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
241	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
241	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
242	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
243	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
244	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
245	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
245	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
246	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
247	161	5	6	3	9	9	13	16	2	9	11	11				
248	161	5	6	3	9	9	14	17	2	9	11	11				
248	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
249	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
250	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
251	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
252	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
252	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
253	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
254	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
255	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
255	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
256	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
257	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
258	161	5	6	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
259	161	5	7	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
259	161	5	7	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
260	161	5	7	3	1	9	14	17	2	9	11	11				
261	161	5	7	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
262	161	5	7	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
262	161	5	7	3	10	9	14	17	2	9	11	11				
263	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
264	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
265	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
266	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
266	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
267	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
268	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
269	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
269	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
270	161	5	7	3	1	9	15	18	3	9	11	11				
271	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
272	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
273	161	5	7	3	10	9	1	18	3	9	11	11				
273	161	5	7	3	10	9	15	1	3	9	11	11				
274	161	5	7	3	10	9	15	1	3	9	11	11				
275	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
276	161	5	7	3	10	9	15	1	3	9	11	11				
276	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
277	161	5	7	3	1	9	15	18	3	9	11	11				
278	161	5	7	3	10	9	15	18	3	9	11	11				
279	161	5	7	3	1	9	16	19	3	9	11	11				
280	161	5	7	3	10	9	16	19	3	9	11	11				

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
			trante tensores		tensor su e			n parte v va			
pl	su j t pl	ap t solera	l tal	peso t	peso c	peso c ais	1	l m c br	p de	refz	
20	5	44	105	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	12	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	12	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	1	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	105	0	0	0	12	12	34 72	44 4	9 1
20	5	44	106	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	120	34 7	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	12	34 72	44 4	9 1
20	5	44	106	0	0	0	1	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	1	120	34 72	44 4	29 1
20	5	44	106	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	1 0	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	34 72	44 4	29 1	
20	5	44	107	0	0	0	1	1	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	1	34 7	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	1	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	1	12	34 72	44 4	9 1
20	5	44	107	0	0	0	1	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	107	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1
20	5	44	109	0	0	0	12	12	34 72	44 4	29 1



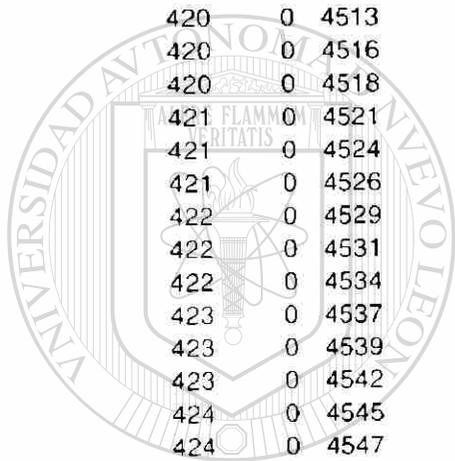
TABLA No 7: Ejemp de estandar zac n de herraje para nu e s de r perna

1	2	3	4	5	6	7	8
DN	Perfil de herraje	arg	ancho	espesor	peso esp	Oreja za e	tp 1 a s tp 3 y 4
				kg mt	peso un t	kg	p s 1
							p de 2
8	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
801	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
802	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
8 3	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
804	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
805	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
806	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
807	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
808	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
809	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
810	304.8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
811	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
812	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
813	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
814	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
815	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
816	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
817	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
818	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
819	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	2 11
820	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
821	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
822	304.8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
823	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
824	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
825	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
826	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
827	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
828	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
829	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
830	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
831	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
832	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
833	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
834	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	11
835	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	2 11
836	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
837	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
838	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
839	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
840	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
841	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
842	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
843	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
844	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
845	3 4 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
846	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
847	304.8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
848	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
849	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
85	3 4 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11
851	304 8	203.2	15.8	113.54	52	16	22 11

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
bases PV	cajas laterales								
retorno2	centrales3	canal4	tapa4	tapa4	cana	tapa	tapa	ana	tapa
1217	1826	303	61	365	48	1	6	14	3
1218	1827	304	61	365	48	12	6	148	3
1219	1828	304	61	365	48	12	60	148	3
1219	1829	305	61	366	48	12	6	148	3
1220	183	305	61	366	48	12	6	148	3
1220	1831	306	61	367	48	12	6	148	3
1221	1832	306	61	367	48	12	6	149	3
1222	1832	306	61	368	48	12	61	149	3
1222	1833	307	61	368	49	12	61	149	3
1223	1834	307	61	368	49	12	61	149	3
1223	1835	343	61	404	49	12	61	149	3
1224	1836	344	61	45	49	12	61	15	3
1225	1837	344	61	45	49	12	61	15	3
1225	1838	345	61	46	49	12	61	1	3
1226	1839	345	61	406	49	12	61	1	3
1226	184	345	61	47	49	12	61	1	3
1227	1841	346	61	407	49	12	61	1	30
1228	1841	346	61	48	49	12	61	1	3
1228	1842	347	61	48	49	12	61	1	3
1229	1843	347	61	49	49	12	61	1	3
1229	1844	348	61	409	49	12	61	1	3
1230	1845	348	61	409	49	12	61	1	3
1231	1846	349	61	41	49	12	61	1	2
1231	1847	349	61	41	49	12	61	1	2
1232	1848	350	61	411	5	12	62	1	2
1232	1849	350	61	411	5	1	6	1	2
1233	185	351	61	412	5	12	62	1	2
1234	185	351	61	412	5	12	62	1	3
1234	1851	351	61	413	5	12	62	1	3
1235	1852	352	61	413	5	12	62	1	3
1235	1853	352	61	414	5	12	62	1	3
1236	1854	353	61	414	5	12	62	1	3
1237	1855	353	61	414	5	12	62	1	3
1237	1856	354	61	415	5	12	62	1	4
1238	1857	354	61	415	5	12	62	1	4
1238	1858	355	61	416	5	12	62	1	4
1239	1858	355	61	416	5	12	62	1	4
124	1859	356	61	417	5	12	62	1	4
1240	186	356	61	417	5	12	62	1	5
1241	1861	357	61	418	5	12	62	1	5
1241	1862	357	61	418	5	12	62	1	5
1242	1863	357	61	419	5	12	63	1	5
1243	1864	358	61	419	5	12	63	1	5
1243	1865	358	61	42	5	12	63	1	5
1244	1866	359	61	42	5	12	63	1	5
1244	1867	359	61	42	5	12	63	1	5
1245	1867	360	61	421	5	12	63	1	5
1246	1868	360	61	421	5	12	63	1	5
1246	1869	361	61	422	5	12	63	1	5
1247	187	361	61	422	5	12	63	1	5
1247	1871	362	61	423	5	12	63	1	5
1248	1872	362	61	423	5	12	63	1	5



32	33	34
total herrajes	tot. aisl	
Tenso s p r t o t a s 1		
416	0	4446
416	0	4449
416	0	4452
417	0	4454
417	0	4457
417	0	4459
418	0	4462
418	0	4465
418	0	4467
419	0	4470
419	0	4508
419	0	4510
420	0	4513
420	0	4516
420	0	4518
421	0	4521
421	0	4524
421	0	4526
422	0	4529
422	0	4531
422	0	4534
423	0	4537
423	0	4539
423	0	4542
424	0	4545
424	0	4547
424	0	4550
425	0	4552
425	0	4555
425	0	4558
426	0	4560
426	0	4563
426	0	4565
427	0	4568
427	0	4571
427	0	4573
427	0	4576
428		4579
428	0	4581
428	0	4584
429	0	4586
429	0	4589
429		4592
430	0	4594
43		4597
43		460
431		4602
431		4605
431	0	4607
432		461
432	0	4613
432		4615



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



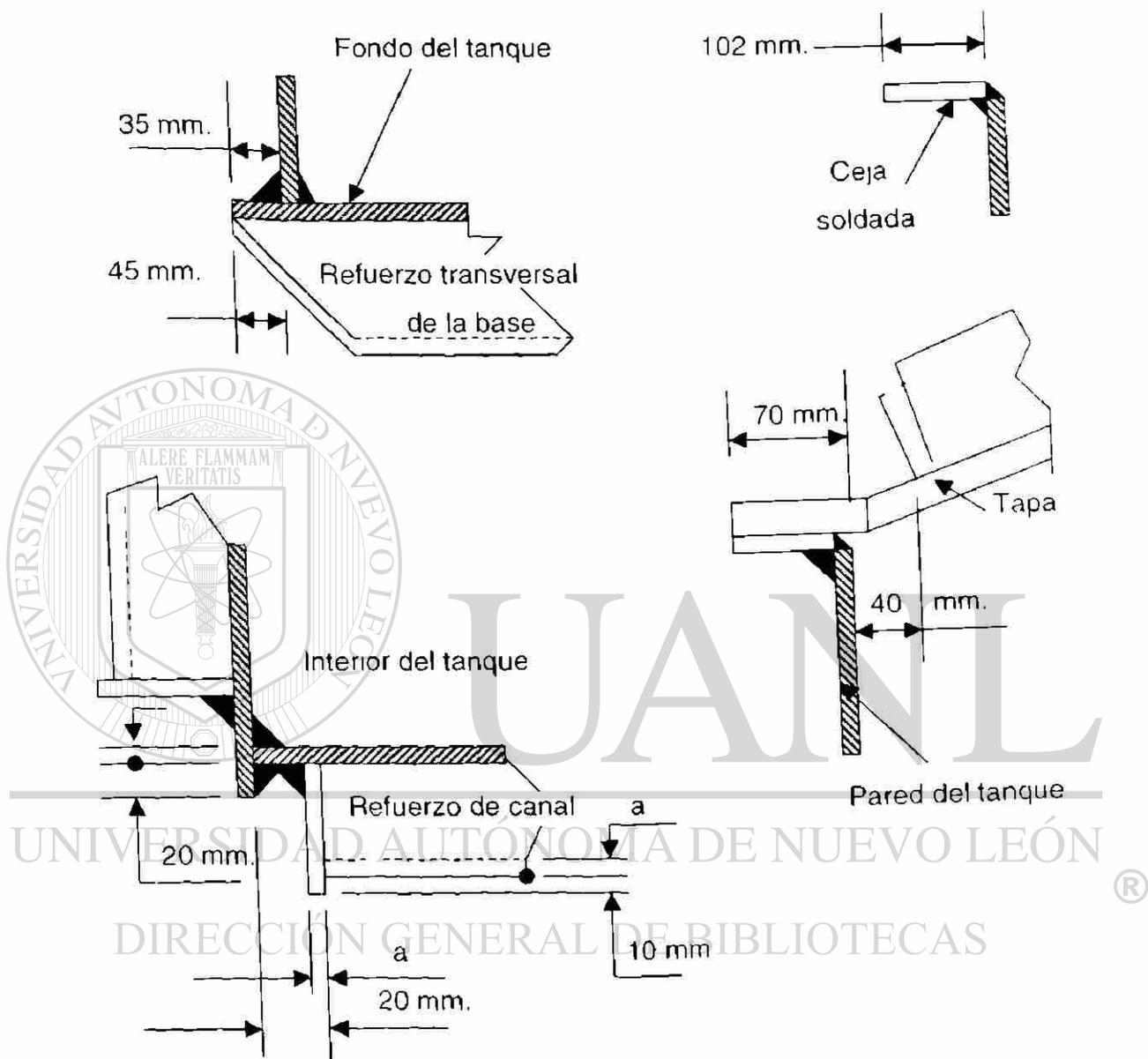


Figura No.5 (a) Esquemas de consideraciones en dimensiones de componentes del transformador: ceja; refuerzos de las paredes y de la base.

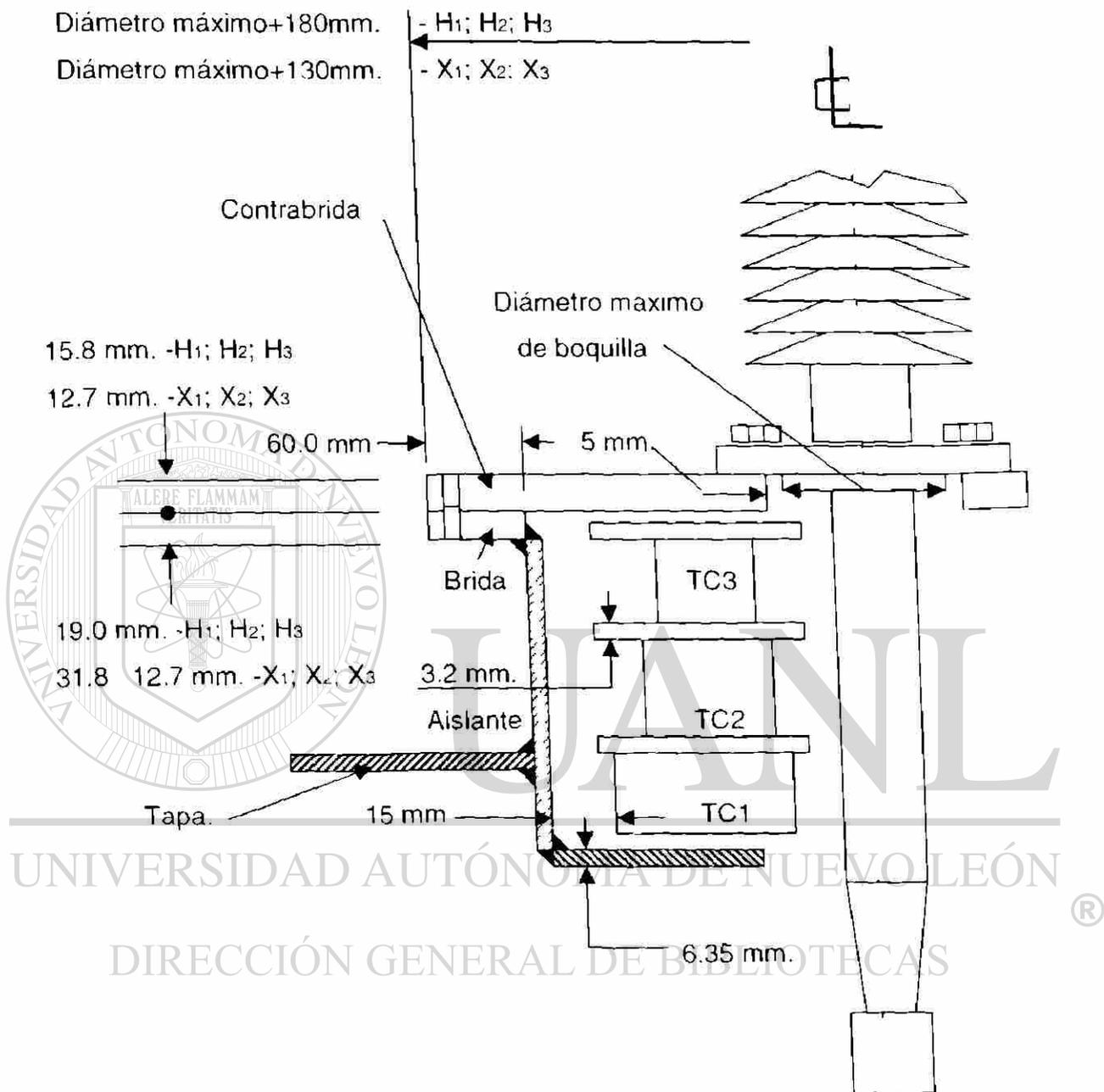


Figura No.5 (b) Esquemas de consideraciones en dimensiones de componentes del transformador: cajas, bridas y contrabridas para TC s.

## RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

El autor de este escrito es el Ing. Guillermo Nieto Dávalos es candidato para el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Diseño, con la tesis 'Desarrollo e Implementación de un Programa Integrado de Diseño Mecánico para Transformadores de Potencia. Su campo profesional abarca las áreas de Ingeniería del Producto e Ingeniería de Mantenimiento. Nació en la ciudad de Monterrey del estado de Nuevo León un 13 de septiembre de 1958, siendo el primogénito de la familia de ocho hermanos. sus padres son el Sr. Guillermo Nieto Leal y la Sra. Lucía Mireya Dávalos Enriquez, radica en la ciudad de San Pedro Garza García Nuevo León.

Sus estudios profesionales los realizó en la Universidad Autónoma de Nuevo León, graduándose en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica como Ingeniero Mecánico Electricista en 1979.

Su experiencia laboral se inició a partir del 31 de Marzo de 1980 en Prolec S.A. de C.V. una empresa del Grupo AXA. en la línea de producción como Jefe del Departamento de Tratamiento de bobinas. en Enero de 1981 se le asignó como Jefe del Departamento de Pailería Media Potencia. en Julio de 1981 se le asigna como Jefe de los Departamentos de Pailería Media Potencia y Pailería Potencia. de Junio de 1982 a Marzo de 1992 pasó a formar parte de la Gerencia de Ingeniería del Producto como Ingeniero en Diseño Mecánico de Transformadores de 230 kV y 400 kV en capacidades hasta 394.5 MVA. Posteriormente del 16 de Marzo de 1992 a la fecha labora en HYLSA S.A. de C.V. Planta Norte de la División de Alambres y Varilla. como Jefe de los Departamentos de Ingeniería y Mantenimiento.

