

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA DISEÑO DE TANQUES
ATMÓSFERICOS DE TECHO CÓNICO PARA HIDROCARBUROS
ALMACENADOS EN REFINERIA LA LIBERTAD.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO.**

LUIS EDUARDO BUSTAMANTE GAONA.

JAIME OSWALDO GONZÁLEZ MAYA.

DIRECTOR: ING. MIGUEL ORTEGA. MSc.

Quito, Enero 2007.

DECLARACIÓN

Nosotros, Luis Eduardo Bustamante Gaona y Jaime Oswaldo González Maya, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Luis Eduardo Bustamante Gaona

Jaime Oswaldo González Maya

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Eduardo Bustamante Gaona y Jaime Oswaldo González Maya, bajo mi supervisión.

Ing. Miguel Ortega.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco, a papá Dios por toda su gratitud y amor a lo largo de mi vida, quién me inspiró y me dio fortaleza para seguir luchando, a mis queridos padres Marino y Mercedes quienes me enrumbaron en el camino del bien, apoyándome incondicionalmente, a mis queridos Hermanos: Julito, Tomy y Jazmín por todo su amor y comprensión, a mi querido Tío Alfonso por su amor, perseverancia y generosidad, a mis Tíos: Rosita, Carmen, Manuel, Daniel, y a mi primo Félix, que gracias a su comprensión, gratitud y generosidad, he conseguido la meta trazada, a una persona especial Freddy Roma por su incalculable ayuda, comprensión y respeto, a mis amigos: Ing. Wilson Mantilla, Ing. Jhonny Lucas, Jaime González, Ángel Ordóñez, Rocío Álvarez, David Ramos, por su extraordinaria y leal amistad incondicional, a todos mis profesores, en especial al Ing. Miguel Ortega, por su amistad y su acertada dirección, Dr. Suárez, Ing. Soto, Ing. Baldeón por su apoyo.

Luis Eduardo

Primeramente quiero agradecer a Dios, por haberme dado la vida y ponerme en este mundo en las mejores condiciones que el considero para mi, luego a mis padres Martha y Luís, a hermano y amigo Oscar, por su apoyo y comprensión de todo este tiempo, también a toda mi familia Maya, por la amistad, solidaridad, y unión que se tiene en los buenos y malos momentos, a los pocos pero grandes amigos que han demostrado ser leales y estar allí cuando el tiempo amerita. L.A.A.V, L.E.B.G.7, E.B.M.CH, M.F.S.G, y para terminar a todos los Ingenieros quienes han compartido su conocimiento para una formación profesional hacia el éxito gracias a todos.

Jaime

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, a la memoria de mi querida abuelita Petronila, quien fue una de las personas más importantes de mi vida, a mis queridos Abuelitos: Mercedes y Daniel, a quienes quiero y respeto con todo mi ser, que supieron educarme, amarme, y guiarme, a mi querido padre Marinito por todo su amor, sus gracias y bondad, a mi querida madre Mechita por su amor, su lucha incansable y comprensión, a mis hermanos: Julito por su amor y enseñarme a luchar en toda circunstancia, Tomy, por su amor, apoyo y sus ocurrencias, Jazmín por ser la hermanita mas linda y amorosa del mundo y por ser bendecido de tenerlos, a mi querido Tío Alfonso por todo lo extraordinario y generoso que es, a mi primo Jorge por ser una persona tan especial, por su superación y empeño, y finalmente le dedico a mi pueblo natal a mi querida Macará, Centinela del Sur sin relevo.

Luis Eduardo

Dedico este trabajo a dos personas muy importantes quienes me han apoyado para conseguir esta meta: Martha Maya Díaz, mi madre y amiga quien supo sacarnos adelante con su mayor esfuerzo y sacrificio sin importar su condición y posición, su ejemplo y fuerza para avanzar siempre hacia adelante han sido los pilares fundamentales que me han formado, y a Fernando Maya Díaz mi tío y amigo por la ayuda mutua que mantuvimos durante todo el transcurso de la mi carrera, también por saber compartir sus experiencias y ayudarme a iniciar la lucha en la gran escuela de la que nunca se termina de aprender la escuela de la vida. Martha y Fernando los quiero mucho.

Jaime

CONTENIDO

Declaración.....	ii
Certificación.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Dedicatoria.....	v
Contenido.....	vi
Resumen.....	xxiv
Presentación.....	xxv
1. GENERALIDADES Y DISEÑO.....	1
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.1.1 IMPORTANCIA DEL ALMACENAMIENTO.....	4
1.1.2 TIPOS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	5
1.1.2.1 Almacenamiento a temperatura ambiente y presión atmosférica	6
1.1.2.2 Almacenamiento bajo presión a temperatura ambiente.....	7
1.1.2.3 Según su capacidad de movilizarse	8
1.1.2.4 Según la orientación de sus ejes de simetría	8
1.1.2.5 Según la temperatura que debe mantenerse el fluido almacenado	9
1.1.3 TIPOS DE TANQUES ATMOSFÉRICOS TIPO API 650	9
1.1.3.1 Tanques de Techo Fijo.	10
1.1.3.2 Tanques de Techo Flotante.....	12
1.1.4 NORMAS ESTÁNDARES Y CÓDIGOS USADOS.....	13
1.1.4.1 Aplicación del Estándar API.....	14
1.1.4.2 El Código UBC.....	17
1.1.4.3 AISC (Instituto Americano de Construcción de Acero).	18
1.2 MATERIALES.	19
1.2.1 MATERIALES PARA EL CUERPO DEL TANQUE.....	20
1.2.2 MATERIALES PARA LAMINAS DEL TECHO, ESTRUCTURA METALICA SOPORTANTE, TUBERIA, BRIDAS, PERNOS Y ELECTRODOS	22

1.3	DISEÑO DE JUNTAS	24
1.4	DISEÑO DEL CUERPO DEL TANQUE (ENVOLVENTE).....	29
1.4.1	MÉTODO DE PUNTO FIJO O DE UN PIE.	31
1.4.2	MÉTODO DE PUNTO VARIABLE	33
1.5	ANGULO CIRCUNFERENCIAL PARA CARGAS DE VIENTO.....	36
1.5.1	ANILLO SUPERIOR O ANGULO TOPE.....	37
1.5.1.1	Condiciones para presión interna menor o igual a 18 Kpa (manométrica).....	40
1.5.2	VIGAS INTERMEDIAS.	42
1.5.3	CARGAS Y DISEÑO POR SISMO	46
1.5.3.1	Calculo del Momento de Volcado.	47
1.5.3.1.1	<i>Factores de Momento de Volcado</i>	49
1.5.3.2	Calculo del peso máximo del contenido del tanque para resistir el Momento de Volcado del cuerpo.....	54
1.5.3.3	Cálculo de la fuerza y esfuerzo de compresión longitudinal	55
1.5.3.3.1	<i>Tanques no anclados</i>	55
1.5.3.3.2	<i>Tanques anclados</i>	58
1.6	DISEÑO DEL FONDO DEL TANQUE Y ANILLO ANULAR.....	58
1.6.1	DISEÑO DE LA PLACA ANULAR.....	60
1.7	SELECCIÓN DE ACCESORIOS PARA TANQUES.....	61
1.7.1	MANHOLE PARA EL CUERPO.....	64
1.7.2	MANHOLE PARA EL TECHO.....	72
1.7.3	BOQUILLAS Y BRIDAS PARA CUERPO DEL TANQUE	73
1.7.4	BOQUILLAS Y BRIDAS PARA EL TECHO DEL TANQUE.	77
1.7.5	ACCESO DE LIMPIEZA TIPO LÁPIDA O CAJA O COMPUERTA DE SEDIMENTOS (PUERTA DE LIMPIEZA DE NIVEL).....	78
1.7.6	SUMIDERO PARA EXTRACCION DE AGUA O TINA DE LODOS	82
1.7.7	ESCALERAS - PASAMANOS.....	83
2.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTANTE PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO CÓNICO.....	84
2.1	NECESIDAD, RESTRICCIONES Y DEFINICIÓN DE PARÁMETROS..	86

2.1.1	LIMITANTES DE LA NORMA API 650 PARA ESTRUCTURA METÁLICA SOPORTANTE DE TECHOS CÓNICOS.....	87
2.1.2	CLASIFICACION DE TECHOS FIJOS DE ACUERDO AL ESTÁNDAR API 650.....	88
2.1.3	CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA TANQUES DE TECHO CÓNICO.	89
2.1.3.1	Generalidades	89
2.1.3.2	Esfuerzos Permisibles (Perfiles Laminados en Caliente).	91
2.1.3.3	Parámetros Geométricos de Techos Cónicos Soportados.	96
2.1.3.4	Juntas del techo.....	98
2.2	DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA. (DETERMINACIÓN DE LA TIPOLOGÍA).	98
2.2.1	ESTUDIO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS.	100
2.3	ANÁLISIS DE CARGAS.....	106
2.4	CÁLCULOS ESTRUCTURALES (FUERZAS, MOMENTOS, ESFUERZOS, DEFORMACIONES). PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA CON PERFILES LAMINADOS EN CALIENTE	107
2.4.1	DISEÑO DE CORREAS.	108
2.4.1.1	Análisis para lámina del Techo.....	109
2.4.1.2	Procedimiento de diseño de las correas de la estructura con una columna central. (Alternativas I-11, I-12).	111
2.4.1.2.1	<i>Definición del número de correas.</i>	111
2.4.1.2.2	<i>Diseño de las correas.</i>	111
2.4.1.3	Procedimiento de diseño de las correas, estructura con una columna central y varias columnas exteriores circundantes9 (Alternativas I-13, I-21, I-22).	115
2.4.1.3.1	<i>Definición Geométrica.</i>	116
2.4.1.3.2	<i>Definición del número de correas interiores-intermedias para alternativas con columna central y varias columnas exteriores</i>	119
2.4.1.3.3	<i>Procedimiento de Diseño de las correas interiores, intermedias y exteriores de la estructura soportante con</i>	

	<i>una columna central y varias columnas exteriores circundantes.</i>	119
2.4.2	DISEÑO DE VIGAS.	123
2.4.3	DISEÑO DE LAS COLUMNAS.	125
2.4.3.1	Diseño de columnas compuestas por dos canales Columnas Armadas.	126
2.4.3.2	Diseño de columnas de sección tubular.	128
2.4.4	DISEÑO DE LAS BASES.	129
2.4.5	DISEÑO DE LAS CARTELAS.	134
2.4.5.1	Definición geométrica de las cartelas.	135
2.4.5.1	Procedimiento de diseño de Cartelas.	137
2.4.6	DISEÑO DEL DISCO CENTRAL.	140
2.4.6.1	Procedimiento de cálculo del disco.	140
2.4.6.1.1	<i>Determinación del radio exterior de la placa R_d.</i>	141
2.4.6.1.2	<i>Determinación del radio interior de la placa r_d.</i>	142
2.4.6.1.3	<i>Determinación del espesor de la placa.</i>	142
3.	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS, RUBROS, PRESUPUESTACION.	144
3.1	PROCESOS DE FABRICACIÓN.	144
3.1.1	PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN.	144
3.1.1.1	Acceso, manipulación y corte del material.	145
3.1.1.2	Elaboración de plantillas.	146
3.1.1.3	Trazado, punzonado y taladrado.	147
3.1.1.4	Enderezamiento, doblado, rolado y barolado.	147
3.1.1.5	Avellanado, rimado y escariado.	149
3.1.1.6	Métodos de sujeción (remaches, pernos, soldadura).	149
3.1.1.7	Maquinado en talleres.	151
3.1.1.8	Limpieza y pintura.	151
3.1.2	CONTROL DE CALIDAD, CALIBRACIÓN E INSPECCIÓN.	151
3.1.2.1	Inspección de requisitos del fabricante.	152
3.1.2.2	Capacitación y certificación del personal.	152
3.1.2.3	Inspección de materia prima.	152

3.1.2.4	Inspección de procesos manuales y de maquinaria.	153
3.1.2.5	Inspección y verificación del dimensionamiento de elementos.	153
3.1.2.6	Inspección del ensamblaje y métodos de sujeción.	153
3.2	PROCESOS DE MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN.....	154
3.2.1	MONTAJE DEL PISO O FONDO DEL TANQUE.....	155
3.2.2	MONTAJE DE LAS BASES DE LAS COLUMNAS DE LA ESTRUCTURA SOPORTANTE DEL TECHO.	155
3.2.3	MONTAJE DE LAS COLUMNAS SOPORTANTES DEL TECHO.	156
3.2.4	MONTAJE DEL TECHO (CORREAS INTERIORES, INTERMEDIAS,VIGAS, BASES DE VIGAS, CARTELAS INTERIORES Y DISCO CENTRAL).	158
3.2.5	MONTAJE DE LOS ANILLOS DE LA ENVOLVENTE DEL CUERPO	159
3.2.6	MONTAJE DE LAS CARTELAS EXTERIORES.	161
3.2.7	MONTAJE DEL ANILLO O ÁNGULO DE RIGIDEZ.....	162
3.2.8	MONTAJE DE LAS PLACAS DEL TECHO.....	162
3.2.9	MONTAJE DE LOS ACCESORIOS DEL TANQUE.....	163
3.3	PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA	164
3.3.1	CALIFICACIÓN DE SOLDADORES.....	165
3.3.2	PROCESOS DE SOLDADURA.	168
3.3.2.1	Soldadura manual eléctrica por arco con electrodo revestido SMAW.....	169
3.3.2.2	Soldadura eléctrica por arco con alambre sólido como electrodo y protección gaseosa GMAW.....	170
3.3.2.3	Soldadura eléctrica por arco con alambre tubular como electrodo FCAW.	172
3.3.2.4	Soldadura eléctrica con arco sumergido- SAW.	174
3.3.2.5	Soldadura por arco de plasma – PAW.....	176
3.4	INSPECCIÓN DE SOLDADURA.....	177
3.4.1	INSPECCIÓN VISUAL.....	177
3.4.2	REPARACIÓN EN LAS JUNTAS SOLDADAS.	179

3.5	LIMPIEZA DE TANQUES DE ACERO ANTES DE APLICACIÓN DE PINTURA Y PRODUCTOS ANALOGOS	180
3.5.1	GRADOS DE ÓXIDO.....	180
3.5.2	PREPARACIÓN DE SUPERFICIES METÁLICAS.....	181
3.5.3	LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA. (SANDBLASTING Y WET-SANDBLASTING).....	184
3.5.4	CATEGORIAS DE LIMPIEZA.....	185
3.5.5	ESCALA DE ESTADOS DE OXIDOS LUEGO DE LA LIMPIEZA.	186
3.6	APLICACIÓN DE PINTURA EN TANQUES.	187
3.6.1	ALMACENAMIENTO.	188
3.6.2	MEZCLADO- DILUIDO.	189
3.6.3	APLICACIÓN DE RECUBRIMENTOS.....	191
3.6.3.1	Características y propiedades de las pinturas.	192
3.6.4	MEDIOS DE APLICACIÓN.	193
3.6.4.1	Aplicación con Brocha.	193
3.6.4.2	Aplicación con Soplete.	194
3.6.5	INSPECCIÓN TÉCNICA DE LIMPIEZA Y PINTURA.....	195
3.7	REGLAS GENERALES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.	196
3.8	ELABORACION DE RUBROS Y ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.	199
3.8.1	RUBROS O DESCRIPCION DE TRABAJOS.....	199
3.8.1.1	Fondo o piso del tanque	200
3.8.1.2	Cuerpo del tanque y accesorios	201
3.8.1.3	Estructura soportante del techo y techo	202
3.8.1.4	Limpieza y pintura.....	203
3.8.2	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS APU.....	208
3.8.3	DESARROLLO DE UN EJEMPLO TÍPICO DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.	210
4.	ESTRUCTURACIÓN Y CONTENIDO DEL SOFTWARE.	210
4.1	FUNDAMENTOS DEL DISEÑO COMPUTACIONAL.....	211
4.1.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	211
4.1.2	PARÁMETROS Y RESTRICCIONES DEL PROBLEMA.	211

4.1.3	HERRAMIENTAS FÍSICAS-MATEMÁTICAS. (INGENIERÍA).....	211
4.1.4	HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN.....	212
4.1.4.1	Visual Basic 6.0.	212
4.1.4.2	Microsoft Access.....	213
4.1.4.3	Microsoft Exel.	214
4.1.5	ESTUDIO DEL MERCADO.....	215
4.2	ESTRUCTURA GENERAL DEL PROGRAMA.....	216
4.2.1	REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE.....	216
4.2.2	USUARIOS.....	217
4.2.3	PARTES DEL PROGRAMA.....	217
4.2.3.1	Generación del programa a base de formularios del Visual Basic 6.0.....	217
4.2.3.1.1	<i>Datos de Entrada</i>	219
4.2.3.1.2	<i>Datos de Salida</i>	222
4.2.3.2	Conexión a Base de Datos.	224
4.2.3.3	Salida y Presentación de la Información.....	226
4.2.4	DIAGRAMAS DE FLUJO.	228
4.2.5	DEPURACIÓN.....	229
4.2.6	COMPILACIÓN. (COMPILADO).....	231
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	233
5.1	PRUEBA CON EL ANEXO K DEL API 650.	234
5.2	PRUEBA CON MEMORIA DE REFINERIA LA LIBERTAD.	235
5.3	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	237
5.4	CORRECCIONES Y AJUSTES.	239
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	240
6.1	CONCLUSIONES.	240
6.2	RECOMENDACIONES.....	257
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	255

A N E X O S

ANEXO 1	PRODUCTOS DESTILADOS OBTENIDOS EN REFÍNERÍA LA LIBERTAD DE LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA.....	256
ANEXO 2	TANQUES DE ALMACENAMIENTO EXISTENTES EN REFINERÍA LA LIBERTAD. (PLANTAS PARSONS UNIVERSAL Y CAUTIVO).....	259
ANEXO 3	MATERIALES PERMITIDOS PARA LÁMINAS Y ESFUERZOS ADMISIBLES PARA PRUEBA DE DISEÑO Y PRUEBA HIDROSTÁTICA.....	262
ANEXO 4	DETALLES PERMITIDOS POR API 650 PARA ANILLOS DE COMPRESION.....	263
ANEXO 5	JUNTAS TÍPICAS, MÓDULOS DE SECCIÓN Y ÁNGULOS RECOMENDADOS PARA VIGAS.....	264
ANEXO 6	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN UBC 1997 / CEC 2000.....	266
ANEXO 7	FACTOR DE ZONA SÍSMICA, SEGÚN API 650 / UBC 97 / CEC 2000.....	267
ANEXO 8	RESULTADOS DE DISEÑO DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MÉTALICA SOPORTANTE.....	272
ANEXO 9	CARGA MÁXIMA QUE PUEDEN SOPORTAR LAS COLUMNAS.....	284
ANEXO 10	RESULTADOS DE DISEÑO DE LAS CARTELAS PARA LA ESTRUCTURA SOPORTANTE.....	292
ANEXO 11	DETERMINACIÓN DEL RADIO INTERIOR (r_d) DEL DISCO PARA COLUMNAS ARMADAS.....	295
ANEXO 12	FORMULARIO DE CONTROL PARA ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	296
ANEXO 13	MEMORIA DE CÁLCULO DE DISEÑO DE TANQUES ATMÓSFERICOS DE TECHO CÓNICO MEDIANTE EL ESTÁNDAR API 650 Y MANUAL AISC. DESDE 20 PIES HASTA 160 PIES DE DIAMETRO.....	297
ANEXO 14	MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA DE DISEÑO DE TANQUES ATMOSFERICOS DE TECHO CÓNICO PARA HIDROCARBUROS ALMACENADOS EN REFINERIA LA LIBERTAD.(BUS*GON&TANQUE1.0).....	329
ANEXO 15	ESPECIFICACIONES, PROPIEDADES MECÁNICAS Y GRUPOS API PARA PLANCHAS.....	353
ANEXO 16	DEFINICIONES RELATIVAS A LA INDUSTRIA PETROLIFERA.....	356

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I. GENERALIDADES Y DISEÑO.

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG
1.1.	Ubicación Geográfica de Refinería La Libertad en el Ecuador.....	1
1.2.	Ubicación Geográfica de Refinería La Libertad en la Península de Santa Elena.....	1
1.3.	Tanques de Almacenamiento de Petróleo en Refinería La Libertad	4
1.4.	Clasificación de los Tanques de Almacenamiento.....	6
1.5.	Almacenamiento a temperatura ambiente.....	7
1.6.	Aplicación de tanques con baja presión a temperatura ambiente.	8
1.7.	Tanque tipo de Techo Cónico.....	11
1.8.	Tanque tipo de Techo Flotante.....	13
1.9.	Clasificación de Materiales. API 650.....	21
1.10.	Juntas Típicas verticales en el cuerpo del tanque.....	25
1.11.	Juntas Típicas horizontales en el cuerpo del tanque.....	25
1.12.	Conformado y traslape en el fondo del tanque.....	26
1.13.	Juntas traslapada, a tope y unión cuerpo-fondo del tanque.....	27
1.14.	Detalle de soldadura doble de filete-ranura para unión cuerpo-placas anulares.....	28
1.15.	Junta de traslape y unión ángulo tope-laminas en el techo.....	29
1.16.	Detalle de junta de compresión: Techo-ángulo-cuerpo.....	37
1.17.	Presión Interna en Tanques de Techo Cónico.....	40
1.18.	Masa hidrodinámica para la primera forma de respuesta del tanque.	46
1.19.	Masa hidrodinámica para la segunda forma de respuesta del tanque.....	47
1.20.	Zonas sísmicas en el Ecuador.....	48
1.21.	Primer modo fundamental de vibración del tanque.....	49
1.22.	Factor K, D/H vs K, para calculo del periodo T.....	51
1.23.	Relación D/H versus Masa Efectivas. Calculo de W1 y W2.....	52
1.24.	Relación D/H versus centroides de fuerzas sísmicas.....	53
1.25.	Relación M/ [(D2) (wt+wl)] versus Valor para fuerza compresiva.....	56
1.26.	Unión cuerpo-fondo del tanque.....	59
1.27.	Arreglo de planchas para placa anular.....	60
1.28.	Accesorios del Tanque. Boquillas y Placas de Refuerzo.....	62
1.29.	Descripción y geometría de aberturas.....	63
1.30.	Manhole del Cuerpo.....	65
1.31.	Empaque del Manhole. OD; Diametro Exterior; ID, Diametro Interior	66
1.32.	Unión cuello manhole-cuerpo del tanque.....	67
1.33.	Manhole en el Techo del Tanque.....	72
1.34.	Tipo de Boquillas-Bridas.....	73
1.35.	Tipo de soldadura para Bridas.....	74
1.36.	Tipos de Boquillas-Bridas para Techo.....	77
1.37.	Accesorio de limpieza a nivel (lápida).....	79
1.38.	Coeficiente de área determinado por el mínimo reforzamiento de accesorio de limpieza.....	80
1.39.	Sumidero para extracción de agua o tina de lodos.....	82

CAPITULO II. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTANTE

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
2.1.	Proceso recomendado para diseño estructural.....	85
2.2.	Vista Superior Alternativa I-11.....	101
2.3.	Vista Superior Alternativa I-12.....	101
2.4.	Vista Superior Alternativa I-13 (A).....	102
2.5.	Vista Superior Alternativa I-13 (B).....	102
2.6.	Vista Superior Alternativa I-13 (C).....	103
2.7.	Vista Superior Alternativa I-21 (A).....	103
2.8.	Vista Superior Alternativa I-21 (B).....	104
2.9.	Vista Superior Alternativa I-21 (C).....	104
2.10.	Vista Superior Alternativa I-22 (A).....	105
2.11.	Vista Superior Alternativa I-22 (B).....	105
2.12.	Vista Superior Alternativa I-22 (C).....	106
2.13.	Análisis lámina del techo de ancho unitario.....	109
2.14.	Propiedades de Inercia.....	110
2.15.	Disposición de áreas y cargas en las correas del techo.....	112
2.16.	Primera Aproximación para Tanques con un solo castillo.....	116
2.17.	Segunda Aproximación para Tanques con dos castillos.....	117
2.18.	Distribución de Correas y Áreas Consideradas.....	120
2.19.	Vista Superior de una columna armada.....	126
2.20.	Vista Superior de una columna armada.....	128
2.21.	Geometría de la base de una columna armada.....	129
2.22.	Geometría de la base de una columna circular	130
2.23.	Diagramas de Cortante y Momento del elemento 1.....	131
2.24.	Disposición de las cartelas sobre el tanque.....	135
2.25.	Esquema de carga sobre las cartelas.....	135
2.26.	Geometría de la cartela para correas tipo canal.....	135
2.27.	Geometría de la cartela para correas tipo ala ancha I.....	136
2.28.	Disposición del disco de la columna central.....	140
2.29.	Esquema de cálculo para Disco Central.....	141

CAPITULO III. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS, RUBROS, PRESUPUESTACIÓN.

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
3.1.	Láminas de Acero, Designación ASTM. Características: Lugar de fabricación, dimensiones, fabricante, Propiedades Mecánicas.....	146
3.2.	Proceso de rolado de las láminas. Hombres rolado una lámina...	148
3.3.	Sujeción por Soldadura en Tanques de Almacenamiento .Refinería La Libertad.....	150
3.4.	Ingenieros inspeccionando Tanques. Refinería La Libertad.....	154
3.5.	Base Circular asentada y alineada lista a montar.....	155
3.6.	Columnas Armadas montadas sobre la base del tanque.....	156
3.7.	Montaje de columnas-Estructura Auxiliar Soportante.....	158
3.8.	Montaje del Techo-Estructura Terminada.....	158
3.9.	Montaje del Cuerpo-Estructura Terminada.....	159
3.10.	Montaje de las Placas- Colocación y Ajuste.....	160

3.11.	Montaje de Cartelas- Unión Estructura-Envolvente Tanque.....	161
3.12.	Montaje del Anillo de Rigidez.....	162
3.13.	Montaje de Accesorios del Tanque.....	163
3.14.	Unión por soldadura de los elementos que conforman la estructura del tanque.....	165
3.15.	Soldadura manual eléctrica por arco con electrodo revestido-SMAW.....	169
3.16.	Soldadura eléctrica por arco con alambre sólido como electrodo y protección gaseosa.	170
3.17.	Diagrama del equipo para soldadura por arco de metal y gas.....	171
3.18.	Soldadura eléctrica por arco con alambre tubular como electrodo FCAW.....	172
3.19.	Equipo típico para soldadura FCAW.....	173
3.20.	Esquema del proceso de soldadura por arco sumergido SAW.....	174
3.21.	Soldadura por arco de plasma – PAW.....	176
3.22.	Grado de óxido A.....	180
3.23.	Grado de óxido B.....	181
3.24.	Grado de óxido C.....	181
3.25.	Grado de óxido D.....	181
3.26.	Descripción de los Procesos de Limpieza con chorro de arena. Sandblasting y Wet- Sandblasting.....	184
3.27.	Personal de Refinería La Libertad realizando limpieza con chorro de arena.....	185
3.28.	Descripción de un Recubrimiento de Pintura y Aditivos.....	188
3.29.	Placa de Fabricación en Pinturas. Datos: Fecha de Fabricación y Caducidad, Composición Química, Fabricante.....	189
3.30.	Momento en que se realiza el mezclado por medio de una batidora.....	190
3.31.	Mezclado y Diluido de Pintura. Momento en que se agrega Thinner.....	190
3.32.	Capas de Recubrimiento para Tanque de almacenamiento de Hidrocarburos.....	191
3.33.	Aplicación de pintura por medio de brocha.....	194
3.34.	Aplicación de pintura por medio de soplete.....	195

CAPITULO IV. ESTRUCTURACIÓN Y CONTENIDO DEL SOFTWARE.

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
4.1.	Conexión entre Visual Basic y Microsoft Access.....	214
4.2.	Generación del Software de diseño a base de formularios de Visual Basic 6.0.	218
4.3.	Creación de Bases de Datos –Microsoft Access.....	225
4.4.	Informe final de diseño en Microsoft Exel.....	227
4.5.	Flujograma para el método del Un Pie.....	228
4.6.	Flujograma para el método del Punto Variable.....	229
4.7.	Mensaje de Depuración.....	230
4.8.	Compilado Final del Software de Diseño.....	232

CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
5.1.	Tanque de Almacenamiento de Techo Cónico. Vista superior y Vista en 3D para prueba de software de diseño.....	233

INDICE DE TABLAS

CAPITULO I. GENERALIDADES Y DISEÑO.

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1.1.	Unidades de Destilación Atmosféricas.....	3
1.2.	Producción diaria de la Refinería La Libertad de 45.000 BPD.....	3
1.3.	Resumen de los tanques existentes en RLL.....	5
1.4.	Códigos API relacionados con Tanques de almacenamiento.....	14
1.5.	Acero ASTM A283 - Gr C (unidades Inglesas).....	22
1.6.	Grados aceptables de Material.....	23
1.7.	Mínimo espesor de soldadura en la unión cuerpo-fondo del tanque.....	27
1.8.	Mínimo espesor de laminas para los diferentes diámetros.....	30
1.9.	Ángulos recomendados con respecto al diámetro para tanques con techo cónico soportado.....	39
1.10.	Factor de zona sísmica CEC y API 650.....	48
1.11.	Descripción del tipo de suelo y factor S.....	50
1.12.	Selección de espesor de plancha para anillo anular	61
1.13.	Mínimas distancias de separación de las principales aberturas del cuerpo.....	63
1.14.	Espesor de la tapa tc y brida tf.	68
1.15.	Espesor del cuello del manhole del cuerpo tn.	68
1.16.	Diámetro de eje del circulo de agujeros Db y Diámetro de la tapa de manhole	69
1.17.	Dimensiones de las boquillas del cuerpo	70
1.18.	Dimensiones para las boquillas del cuerpo: tubos, placas y tamaño del filete	71
1.19.	Dimensiones de manhole para techos	73
1.20.	Dimensiones para bridas en boquillas	76
1.21.	Dimensiones para boquillas-bridas en techo	78
1.22.	Dimensiones para el acceso de limpieza	81
1.23.	Espesores de la placa de cubierta, pernos y reforzamiento del fondo para el acceso de limpieza.....	81
1.24.	Espesores y alturas de placas de refuerzo del cuerpo para accesorios de limpieza.....	82
1.25.	Diámetro del sumidero.....	82
1.26.	Relación entre la huella, contrahuella, y ángulo de elevación.....	83

CAPITULO II. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTANTE

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
2.1.	Múltiplo del diámetro recomendado para construcción de Tanques.....	100
2.2.	Datos de cortante y momento para elemento 1.....	131
2.3.	Estandarización de las bases de columnas.....	134
2.4.	Valores de d_{car} y f para correas Tipo Canal.....	136
2.5.	Valores de d_{car} y f para correas Tipo Ala Ancha I.....	137
2.6.	Resistencia del electrodo.....	138
2.7.	Espesor mínimo t en in. de material, para cartelas.....	139
2.8.	Valor del ancho del patín de correas Tipo Canal.....	142
2.9.	Valor del ancho del patín de correas Tipo Ala Ancha.....	142
2.10.	Calculo de la relación R_d/r_d , para $R_d < 381$ mm.....	143
2.11.	Calculo de la relación R_d/r_d , para $R_d > 381$ mm.....	143

CAPITULO IV. ESTRUCTURACIÓN Y CONTENIDO DEL SOFTWARE.

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
4.1.	Datos de Entrada al software de diseño.....	220
4.2.	Datos de Salida del software de diseño.....	222

CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
5.1.	Comparación de espesores de anillos, BUS*GON& TANQUE1.0-API 650.....	234
5.2.	Margen de error o desviación. Comparación BUS*GON&TANQUE 1.0 – RLL.....	235
5.3.	Comparación de espesores de anillos, BUS*GON& TANQUE1.0-R.L.L.....	236
5.4.	Memoria de cálculo de Refinería la Libertad para espesores de anillos.....	236
5.5.	Margen de error o desviación. BUS*GON& TANQUE1.0-R.L.L....	237

NOMENCLATURA.

1. DISEÑO DEL CUERPO TANQUE

A. Espesores Método Punto Fijo- Punto Variable.

- **CA** : Corrosión admisible, en in., especificada por el comprador
- **D** : Diámetro nominal del tanque, en ft,
- **E** : Factor de eficiencia de la junta soldada.
- **G** : Gravedad específica de diseño del líquido a ser almacenado.
- **H_{máx}** : Nivel de líquido de diseño, en ft.
- **h₁** : Altura del anillo, en in,
- **L** : $(6 D t) 0.5$, en in. Factor de comprobación. punto variable
- **r** : Radio nominal del tanque, en in.
- **S_d** : Esfuerzo admisible para la condición de diseño, en psi.
- **S_t** : Esfuerzo admisible para la condición de prueba hidrostática, en psi.
- **t_d** : Espesor de cuerpo en prueba diseño en in,
- **t_t** : Espesor del cuerpo en prueba hidrostática, en in,
- **t** : Espesor del anillo del fondo, calculado por el método de punto fijo en in.
- **t₁** : Espesor de la plancha que conforma el primer anillo ya calculado, en in.
- **t₂** : Espesor de la plancha que conforma el segundo anillo, en in.
- **t_{2a}** : Espesor de plancha que conforma anillos superiores en interacciones, en in.

B. Diseño por sismo, placa anular y ángulo de rigidez.

- **A** : Distancia desde el filo del anillo hasta el eje neutral del ángulo.
- **A_c** : Área considerada del Cuerpo
- **A_t** : Área considerada del Techo
- **A_{tc}** : Área de compresión techo-cuerpo.
- **Ar** : Área de compresión real
- **A** : Área de la sección transversal mínima de la unión cuerpo-Ángulo –techo (in²).
- **Aa** : Área de compresión del ángulo
- **B** : Distancia desde el filo del anillo hasta el tope de la lámina del techo.
- **C₁** : Coeficiente sísmico para fuerzas laterales
- **C₂** : Coeficiente sísmico para fuerzas laterales
- **D** : Diámetro nominal del tanque. (ft.)
- **d** : Diámetro del anclaje (ft).
- **Fb_y** : Resistencia mínima a la fluencia especificada, (lbf/pulg²),
- **H_{tc}** : Altura transformada del cuerpo.
- **Ht** : Altura total del cuerpo, en ft.
- **H1** : Altura entre la viga tope del tanque y la viga intermedia (ft)
- **I** : Factor de importancia

- **M** : Momento de carga de viento
- **M** : Momento de volteo ejercida por la presión del viento, en (ft-lbf),
- **M** : Momento de volteo aplicado al fondo del cuerpo del tanque en ft-lbf.
- **N** : Numero de anclajes
- **P** : Presión interna de diseño (in).
- **P_{máx}** : Máxima presión de diseño (in).
- **R_c** : Radio interior del tanque
- **R_{2.}** : Distancia perpendicular al techo hasta el eje neutral.
- **S** : Coeficiente del sitio.
- **t_b** : Diseño de la carga de tensión para cada anclaje (lbf),
- **tb** : Espesor de la placa anular, en in
- **tb** : Espesor de la placa abajo del cuerpo en in.
- **t_h** : Espesor de las placas del techo
- **t_s** : Espesor del ultimo anillo + placa de refuerzo
- **t_h** : Espesor nominal de las placas del techo.(in)
- **t** : Espesor del último anillo en el tope del tanque
- **t_{unifor}** : Espesor del anillo del tope, en in.
- **t_m** : Espesor del anillo cuyo ancho transpuesto, en in.
- **W_b** : Ancho radial, en pulgadas,
- **W_c** : Máximo longitud considerada del cuerpo.
- **W_h** : Máximo longitud considerada del techo
- **W** : Peso total del cuerpo del tanque y cualquier armazón soportado por el cuerpo y techo, no se incluye el peso de las láminas del techo. (Lbf)
- **W_{tr}** : Ancho transpuesto de cada anillo, en in.
- **W** : Ancho actual de cada anillo, en in.
- **W** : Peso del cuerpo disponible para resistir el levantamiento, sin considerar la corrosión, más el peso muerto soportado por el cuerpo, menos el levantamiento simultáneo, proveniente de las condiciones de operación como la presión interna en el techo, en lbf.
- **W** : Peso del cuerpo del tanque mas el techo y la estructura
- **W_s** : Peso total del cuerpo, en lbf,
- **W_r** : Peso total del techo fijo más una porción de carga por nieve
- **W₁** : Peso de la masa efectiva, contenido del tanque que se mueve al unísono con la carcasa,
- **W_t** : Peso total del contenido del tanque
- **w_L** : Peso máximo del contenido del tanque que pueden ser usado para resistir el momento de volteo, en lbf./ft, (distribuido en la circunferencia del cuerpo).
- **X_s** : Altura desde el fondo del tanque hasta su centro de gravedad, en ft.
- **Z** : Modulo de la sección mínima (in³)
- **Z** : Factor de zona sísmica
- **θ** : Pendiente del techo. (Placa ultima techo-horizontal del último anillo).

2. DISEÑO DE ESTRUCTURA SOPORTANTE

C. Esfuerzos Permisibles.

- **A** : Área total del alma, en in.
- **A_e** : Área efectiva
- **A_f** : Área del cordón comprimido, en in.
- **C_{m/α}** : Factor de amplificación
- **C_{ma}** : Compresión permisible básica, (PSI)
- **E** : Modulo de elasticidad
- **F** : Esfuerzo básico de diseño permisible, (KSI)
- **FS** : Factor de seguridad
- **F_a** : Esfuerzo axial permisible, (KSI)
- **F_b** : Esfuerzo permisible de flexión, (KSI)
- **F_e** : Mínimo esfuerzo elástico para pandeo por flexión
- **F_y** : Esfuerzo de fluencia del acero, (KSI)
- **I_b** : Momento de inercia de la sección transversal completa
- **K** : Factor de longitud efectiva
- **K_b** : Factor de longitud efectiva
- **L** : Largo sin apoyo lateral de la columna, en in.
- **L** : Longitud sin soportes del miembro
- **L_b** : Longitud real sin apoyos
- **M** : Momento calculado
- **M** : Menor momento en el piano de flexión
- **M₁** : Mayor momento en el piano de flexión
- **M₂** : Momento permisible
- **M_a** : Menor momento nominal del esfuerzo de fluencia
- **P** : Carga axial calculada
- **P_a** : Carga axial permisible
- **P_{cf}** : Carga crítica de pandeo elástico
- **P_n** : Carga nominal
- **R`** : Radio exterior de la sección tubular, en in.
- **S_e** : Modulo seccional elástico de la sección efectiva
- **V** : Cortante lateral, (lb)
- **d** : Altura de la sección, en in.
- **f_b** : Esfuerzo axial calculado, (KSI)
- **f** : Esfuerzo de flexión calculado (KSI)
- **h** : Distancia libre entre los patines del alma, en in.
- **l** : Longitud sin apoyo del cordón comprimido, en in.
- **r** : Radio de giro
- **t** : Espesor de la sección tubular, en in.
- **t** : Espesor del alma, en in.
- **x,y** : Ejes de flexión sobre los que se calcula el esfuerzo

D. Correas y Vigas.

- C_m : Carga muerta, (Lb/pie²), (Kg/m²)
- C_t : Carga triangular, (Lb), (Kg)
- C_{tot} : Carga total actuante sobre las correas, (PSI), (Kg/m²)
- C_u : Carga uniforme, (Lb), (Kg)
- C_v : Carga viva, (Lb/pie²), (Kg/m²)
- C_{vg} : Carga distribuida sobre la viga, (Lb), (Kg)
- D : Diámetro nominal del tanque, (pies), (mm)
- D_c : Diámetro circunscrito de las correas o polígono exterior, (pies), (mm)
- D_i : Diámetro inscrito de las correas o polígono interior, (pies), (mm)
- E : Módulo de elasticidad, (PSI), (Kg/mm²)
- $F_{máx}$: Esfuerzo máximo admisible, (PSI), (Kg/cm²)
- I : Momento de inercia, (pulg⁴), (mm⁴)
- L_{vg} : Longitud de la viga, (pies), (m)
- $M_{máx}$: Momento máximo, (Lb-pulg), (Kg-mm)
- N : Numero de correas seleccionadas
- N_{min} : Numero mínimo de correas
- N_p : Numero de lados del polígono
- P_{cc} : Carga aplicada sobre la columna central, (Lb), (Kg)
- P_{cr} : Peso por unidad de longitud real de la correa, (Lb/pie), (Kg/m)
- P_e : Peso por unidad de longitud, (Lb/pie), (Kg/m)
- P_n : Peso neto, (Lb), (Kg)
- P_{vg} : Peso por unidad de longitud de la viga, (Lb/pie), (Kg/m)
- R_1, R_2 : Reacciones en los puntos de apoyo de la correa, (Lb), (Kg)
- R_{31}, R_{32} : Reacciones en los apoyos de la viga, (Lb), (Kg)
- R_c : Radio del círculo circunscrito del polígono, (pies), (mm)
- S : módulo de la sección, (pulg³)
- S_c : Superficie considerada, (pie²), (m²)
- S_u : Superficie uniforme, (pies²), (m²)
- S_v : Superficie variable, (pies²), (m²)
- e : Espesor del techo, (pulg), (mm)
- l_c : Espacio máximo entre correas interiores
- n_1 : Numero de correas intermedias seleccionadas
- Δy : Deflexión, (pulg), (mm)
- Δy_{max} : Desplazamiento máximo permitido, (pulg), (mm)

E. Columnas Laminadas en Caliente.

- F_c : Esfuerzo de compresión que soporta la columna, (PSI)
- K : Factor de apoyo de las columnas
- L_{cc} : Longitud de la columna, (pies), (m)
- L_e : Longitud efectiva
- P_{ccm} : Carga máxima que soporta la columna, (Lb), (Kg)
- r_m : Menor radio de giro, (pulg), (mm)

F. Bases Laminadas en Caliente

- L_{c1}, L_{c2} : Longitud lateral sin soporte del patín de compresión, (pulg)
- b_f : Ancho del patín del perfil, (pulg), (mm)

- **d** : Altura del alma del canal o perfil I, (pulg), (mm)
- **t_f** : Espesor del patín del perfil, (pulg)
- **t_w** : Espesor del alma del canal o perfil, (pulg)

G. Cartelas.

- **D** : Tamaño de la soldadura por 1/16, (pulg)
- **F_t** : Esfuerzo de tensión de la soldadura, (KSI)
- **F_v** : Esfuerzo cortante permisible de la soldadura, (KSI)
- **I** : Momento de inercia
- **M_{car}** : Momento debido a la carga excéntrica
- **P_{car}** : Carga en cartela, (lb), (Kg)
- **c** : Distancia al centro de gravedad
- **d_{car}** : Longitud de la soldadura, (pulg), (mm)
- **e_{car}** : Brazo de excentricidad, (pulg), (mm)
- **f₁** : Esfuerzo cortante, (Kips/pulg lineal)
- **f_m** : Esfuerzo máximo cortante, (Kips/pulg lineal)
- **f_r** : Esfuerzo resultante, (Kips/pulg lineal)
- **φ** : Diámetro mínimo del agujero de montaje, (pulg), (mm)

H. Disco Central.

- **A_c** : Área calculada, (cm²)
- **K, K'** : Constante determinada en base a la relación R_d/r_d
- **R_d** : Radio exterior de la placa, (cm)
- **B_f** : Ancho del patín a utilizarse, (cm)
- **H** : Espesor del disco, (cm)
- **r_d** : Radio interior de la placa, (cm)
- **σ_{máx.}** : Esfuerzo máximo, (Kg/cm)
- **σ_{perm}** : Esfuerzo permisible, (Kg/cm)

RESUMEN

Del petróleo se dice que es el recurso energético más importante en la historia de la humanidad; un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo.

La alta dependencia del almacenamiento tanto para el crudo bruto como para sus derivados, ha motivado que organismos e institutos, realicen normas o estándares, las mismas que son leyes y principios para el diseño, fabricación, mantenimiento, inspección técnica, de estos recipientes de almacenamiento. La norma encargada de la construcción de Tanques de Almacenamiento es API 650. WELDED STEEL TANKS FOR OIL STORAGE, TANQUES SOLDADOS DE ACERO PARA ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO, DEL INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO.

Con esta antesala, el presente proyecto de Titulación, tiene como finalidad presentar, un informe, sobre los parámetros de diseño, fabricación, montaje, mantenimiento, y análisis presupuestario de Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico, reuniendo todos estos puntos en un paquete de programación, el mismo que permite evaluar de una manera rápida y segura, cada una de las posibles alternativas de diseño. La información aquí presentada fue recopilada en los diferentes departamentos técnicos de Refinería La Libertad filial de PETROECUADOR, de la experiencia de fabricantes nacionales y extranjeros, ingenieros, tecnólogos, personal técnico, obreros, y propia de sus autores, contribuyendo con sus conocimientos, para lograr crear una ayuda técnica, de construcción de Tanques a la que se denominó: *SOFTWARE PARA DISEÑO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS DE TECHO CÓNICO PARA HIDROCARBUROS ALMACENADOS EN REFINERÍA LA LIBERTAD.*

La Refinería La Libertad ubicada en la provincia del Guayas, Cantón La Libertad, es uno de los tres grandes establecimientos de refinación del Ecuador. El petróleo que se alimenta a la Refinería La Libertad, procede en un 96% de los campos del oriente ecuatoriano y un 4% de los campos de la península.

PRESENTACIÓN.

ANTECEDENTES.

En la Península de Santa Elena en la provincia del Guayas, es donde se desarrolla las primeras actividades hidrocarburíferas nacionales, estuvieron caracterizadas por privilegios y concesiones a varias compañías extranjeras, una de ellas ANGLO ECUADORIAN OILFIELDS LIMITED (Compañía Británica, 1927 a 1972) dedicándose a la exploración, explotación y refinación del petróleo, periodo en el cual se construyen las Refinerías (1958), Las concesiones caducaron en 1972 y desde 1973 los campos se revirtieron al estado, a través de CEPE (Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana), que recién en 1976 asume la explotación, en 1989 se le cambia el nombre a lo que hoy se conoce como PETROECUADOR, entre 1989 y 1990 se traspasan las Refinerías La Libertad y de Cautivo al estado.

PETROECUADOR esta conformada por una matriz y tres empresas filiales que son: PETROPRODUCCION encargada de la explotar las cuencas sedimentarias, operar y explotar los campos hidrocarburíferos asignados, incrementar las reservas y transportar el petróleo y gas hasta los centros principales de almacenamiento, en el 2003 la producción de petróleo fue de 204.000 barriles por día aproximadamente, PETROINDUSTRIAL encargada de transformar los hidrocarburos mediante procesos de refinación, para producir derivados que satisfagan la demanda interna, PETROCOMERCIAL encargada de transporte, almacenamiento y comercialización de derivados de petróleo en el territorio nacional.

PETROINDUSTRIAL mantiene los siguientes objetivos:

- Industrializar los hidrocarburos, con la mayor eficiencia empresarial, previniendo la contaminación ambiental.

- Procesar los crudos que se obtienen principalmente en los campos de la amazonia.
- Abastecer la demanda de los combustibles del país.
- Existen cuatro centros de industrialización del país que son:
- Refinería Estatal Esmeraldas (REE), ubicada en la provincia de Esmeraldas y que actualmente procesa 110.000 barriles por día (BPD).
- Refinería la Libertad, ubicada en la península de Santa Elena, provincia del Guayas, en la actualidad produce 45.000 BPD
- Complejo Industrial Shushufindi, ubicada en la provincia de Sucumbíos, región Oriental del país, cuenta con una planta de gas que produce 500 Tm/día de GLP y 2.800 BPD de gasolina.
- Refinería Amazonas que procesa 20.000 BPD.

En las filiales, debido a las cantidades de petróleo que se explota y derivados que se producen, cada uno de los cuales posee diferentes características y propiedades, se ve en la necesidad de diseñar y construir recipientes adecuados para su almacenamiento, muchos de los cuales son tanques cilíndricos atmosféricos de acero soldados, con características de diseño que están en función de las cantidades y tipo de fluido a almacenarse.

Los trabajos de diseño de los tanques de almacenamiento, se lo realiza con la modalidad de contratación de servicios a empresas particulares, debido a que es un trabajo minucioso y largo, tiempo que se podría utilizar para seguir realizando mejoras en la Empresa Estatal, esto hace que las Filiales no tenga un referente técnico, que compare los resultados presentados por dichas empresas, de tal forma que se pueda hacer observaciones si las tuvieran.

La inclusión de la computación como apoyo para el proceso de diseño, ha desembocado en el desarrollo de programas especializados, que ayudan a los ingenieros a optimizar el tiempo dedicado a esta labor, que es el propósito de este trabajo: **DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA DISEÑO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS DE TECHO CÓNICO PARA HIDROCARBUROS**

ALMACENADOS EN REFINERÍA LA LIBERTAD, haciendo que las unidades de proyecto y técnica de este distrito puedan realizar el diseño y comparar resultados técnicos presentados por las empresas particulares, tolerando un margen mínimo de los resultados estimados.

Las condiciones, restricciones, recomendaciones y cálculos correspondientes al diseño de los tanques de acero soldados para almacenamiento de petróleo, están normadas por el Instituto Americano del Petróleo API, que corresponde al estándar API 650, también existen estándares y manuales que ayudan al diseño como la AISC, API 653, y otras que se indican conforme se desarrolla el proyecto.

OBJETIVOS.

Objetivo General

Desarrollo de un software para Diseño de Tanques Atmosféricos de Techo Cónico para Hidrocarburos almacenados en refinería La Libertad.

Objetivos Específicos

Aplicación de la Estándar 650 y otras, correspondientes a diseño y procesos de construcción y montaje de Tanques Atmosféricos de Techo Cónico para Almacenamiento de Hidrocarburos.

Elaborar procesos de construcción y montaje de tanques de almacenamiento de techo cónico, obteniendo una estructura general de rubros, para la selección de maquinaria, equipos, personal, materiales e insumos, que permiten realizar el Análisis de Precios Unitarios y cronogramas de trabajos

Desarrollo de flujogramas lógicos secuenciales y la estructura de programación para el cálculo de diseño y presupuestos de construcción-montaje o mantenimiento correctivo.

ALCANCE.

Se realiza una inspección y análisis general de los tanques de almacenamiento en Refinería La Libertad, para de esta manera tener una tendencia o pronóstico de las necesidades que se requiere. Se procede, después al estudio y análisis de la Estándar API 650, y otras correspondiente a diseño y procedimientos de construcción y montaje, para de esta manera saber las condiciones, restricciones, recomendaciones y observaciones. Elaboración de los procesos de construcción-montaje, creando una estructura de rubros, de esta manera poder seleccionar equipos, maquinaria, personal, materiales e insumos que se necesita para la realización de estos trabajos; con lo anterior se procede a elaborar un análisis de precios unitarios y cronogramas valorados.

Con la información suministrada del análisis anterior, se construye una base de datos y, con ayuda de la programación en Visual Basic se procede a enlazar esta información, elaborando un Software, que optimiza los estudios técnicos y presupuestarios de tanques atmosféricos de techos cónicos.

De manera que cuando se ejecute el software, entregue los siguientes parámetros:

- * Diseño de Tanques atmosféricos de techo cónico
- * Geometría y Estructura soportante de los techos cónicos
- * Ingeniería Básica
- * Presupuesto de construcción y montaje
- * Análisis de precios unitarios
- * Sistema de seguridad y protección

Realizar la comprobación de los datos obtenidos comparándolos con proyectos anteriormente realizados en Refinería La Libertad.

El software maneja capacidades de almacenamiento que entre valores de 670 barriles hasta un máximo de 74600 barriles, correspondientes a 20 y 160 pies de diámetro respectivamente debido a las necesidades en Refinería La Libertad.

El software realiza el diseño de cuerpo, fondo y techo del tanque, también selecciona según el estándar API 650 los accesorios del cuerpo del tanque como: manhole, boquillas, bridas, refuerzos, accesos de limpieza, pernos.

Para la estructura metálica soportante de los techos cónicos, el programa hace una selección de los perfiles correspondientes a correas, vigas, columnas, bases para columnas, cartela y discos de apoyo. Existe un proyecto de titulación: Estandarización de la Estructura para Tanques de Almacenamiento de Techo Cónico, en la misma que se diseña la estructura soportante de los techos cónicos, en función del diámetro y altura del tanque; para lo cual el presente proyecto de titulación se basa en estos resultados, obteniendo así datos confiables para el correspondiente desarrollo del proyecto.

Los procesos de construcción y montaje se los elaboró, basándose en procesos anteriormente realizados con las alternativas permitidas y especificadas por Refinería La Libertad, en solicitud u orden de trabajo y según el estándar API 650, es decir aquí no se refiere a ningún procedimiento que sirva para algún tipo de certificación en particular.

Algunos de estos procesos también sirven para poder realizar el mantenimiento a los tanques ya existentes en Refinería La Libertad

Se debe señalar que los procesos y trabajos de obras civiles deben estar ya realizados, de tal forma que solo se refiere a procesos de construcción y montaje del tanque con sus estructura soportante si es el caso.