

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE  
FUNDACIONES PARA LA ESTACIÓN DE FLUJO JNEF-01 PDVSA, EN EL ÁREA  
DE U. P. SAN CRISTÓBAL DISTRITO SAN TOMÉ**

**Autor  
Br. María Consuelo Azócar Laitón  
C.I.: 15.903.811**

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito Parcial  
para optar al Título de Ingeniero Civil**

**Barcelona, Marzo de 2010.**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE  
FUNDACIONES PARA LA ESTACIÓN DE FLUJO JNEF-01 PDVSA, EN EL ÁREA  
DE U. P. SAN CRISTÓBAL DISTRITO SAN TOMÉ**

**ASESORES**

---

**Prof. José A. Sosa**  
Asesor Académico

---

**Ing. José Bracho**  
Asesor Industrial

**Barcelona, Marzo de 2010.**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE  
FUNDACIONES PARA LA ESTACIÓN DE FLUJO JNEF-01 PDVSA, EN EL ÁREA  
DE U. P. SAN CRISTÓBAL DISTRITO SAN TOMÉ**

**El Jurado calificador hace constar que asistió a la presentación y defensa del Trabajo de  
Grado y decidió emitir el veredicto de:**

**APROBADO**

---

**Prof. José A. Sosa**  
Asesor Académico

---

**Prof. Blas Pinto**  
Jurado Principal

---

**Prof. Luigi Cotellessa**  
Jurado Principal

**Barcelona, Marzo de 2010.**



## **RESOLUCIÓN**

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO:  
“LOS TRABAJOS SON PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LA UNIVERSIDAD Y SOLO  
PODRAN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL  
CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARA AL CONSEJO  
UNIVERSITARIO”.





## DEDICATORIA

*Siempre imagine el día en que llegará este momento, pero jamás sospeche lo que se siente. Es indescriptible la alegría, emoción, tantos sentimientos manifestados. No pensé que le tomaría tanto cariño a este trabajo ya casi al final, el cual está tan lleno de dedicación, esfuerzos, lágrimas, sacrificios, traspasar, aprendizaje, todo lo que puedan imaginar y todo lo que hayas aprendido a lo largo de tu vida. La alegría que siento ahora al ver culminada esta obra, no tiene comparación. Durante tu paso por la Universidad vives tantas cosas, experiencias nuevas, pero no se comparan con este momento, en el que vez terminado y casi cumplido el sueño que traes cuando comienzas a estudiar, ser un profesional. Es maravilloso!.*

*Dedicar este trabajo a alguien especial es complicado, porque creo que cada persona en mi vida ha influido directa o indirectamente para ser lo que soy. Pero existen unas personas muy especiales que recuerdo con mucho cariño, a mis abuelos Petra de Azócar, Oswaldo Azócar y Teofilo Laitón. ¡Este trabajo es para ustedes, ya que están en el cielo, guiándome día a día por este difícil camino de la vida, y no poder estar conmigo disfrutando este momento. Ustedes que me mostraron el amor inmenso hacia un nieto, a agradecer las cosas buenas de la vida, a dar gracias a Dios por permitirnos existir. Ahora se encuentran con él. Los extraño mucho!.*

*Otras personas a las que quiero dedicar esta obra llena de dedicación, son a mis tres angelitos, mis sobrinos: Maluvid, Marcos y Abril, para que les sirva de ejemplo a seguir y puedan cumplir sus sueños como yo estoy cumpliendo el mío.*



## AGRADECIMIENTO

*Primero, debo agradecer a Dios, por estar siempre conmigo, en todo momento, compartiendo esta lucha por llegar a este momento de mi vida, cumpliendo una de mis metas. Gracias por tu confianza, por no abandonarme ni fallarme las veces que te necesite, que fueron muchas. Le pedí fuerza y sabiduría para terminar mi carrera y hoy estoy culminándola. ¡Gracias mi Dios!*

*En segundo lugar quiero agradecer a las dos personas más importantes en mi vida, mis padres. Carmen Senaida y Asdrúbal Antonio, a ellos por ser mi protección, por estar conmigo en las buenas y malas, por darme todo su apoyo y confiar en mí, siempre tendiéndome una mano, gracias a ellos he llegado aquí. Hoy estoy logrando esto gracias a ustedes, por ese amor inmenso que me brindaron, por su dedicación y constancia. Mi mamá que siempre fue esa mano protectora y salvadora, mi refugio cuando las cosas salían mal. Mi papá que fue mi ejemplo a seguir, trabajador y luchador y por ser mi amigo antes que mi padre. En verdad gracias por haber confiado en mí y haberme apoyado siempre. Gracias a los dos por todo ¡Los amo!*

*Sin dejar por fuera a mis hermanos, les agradezco mucho. Maludéé por ser ese ejemplo de que las cosas se pueden lograr con perseverancia y tesón, por tus consejos diario, a Luis Eduardo por compartir junto a mí esta experiencia y sufrirla igual. Debo agradecer también aquellas personas que hacen pequeñas cosas pero que significan mucho, a mi tía Miriam por siempre darme ese empujón que necesitaba y aconsejarme. A mi prima María Virginia con la que viví todo este tiempo de estudio, de la que aprendí mucho y pasamos momentos buenos y no tan buenos juntas. A mi familia en general por estar cuando los he necesitado, cosas difícil de olvidar. A mis grandes amigas Michelle y Marlene, toda una vida compartida desde la infancia, cuantos recuerdos, gracias por existir, por compartir tantas experiencias, sus logros y ahora el mío, evidentemente sin poder olvidar a sus familias, que me abrieron las puertas de su casa y me trataron como un miembro más, estaré siempre agradecida por todas las cosas que viví en esos días. Muchas gracias a todos!*

*No puedo olvidarme de mis amigos de la universidad, con quien estudie, pasamos las buenas y las malas, salí de fiesta, viajé, Hilda “la pequeña del grupo”, Anayrí, Ly, Grace, Alcides “el negro, kalimba, Don Omar... ja ja ja”, Desireé, Edelmira, con los que estudie casi todas las materias. Gracias chicos!*



*A FSÆ-UDO, en esta asociación viví muchas experiencias y conocí grandes personas con las que compartí cosas inolvidables, siempre los recordare a José Angel “pesti” por sus palabras y compañerismo, a Samahys “salami” por su personalidad tan elocuente, Milagros, Liza, Carolina, Los morochos, Omar, Goyo, Félix Guerra “cometín”, Félix Fajardo “la mente”, a los profesores Félix Payares y Orlando Ayala, a todos, a las personas que conocí gracias a este proyecto y me ayudaron a mejorar tanto personal como profesional.*

*Agradezco a Oriente Consultores C.A., al Ing. Luis Quijada, Ing. Adán Cifuentes, Ing. Francisco Ortega, Ing. Alfredo Acosta, por haberme permitido dar mis primeros pasos como un ingeniero. Al asesor el Ing. José Bracho por haber colaborado en este trabajo. Muy especialmente al Ing. Lenín Villalba por compartir sus conocimientos, por siempre hacer una pausa en su trabajo para atenderme y sacarme de dudas. A mis compañeros de cubículo y amigos Rosanny, Ramón, Miguel Angel, Magdely, Celia, Cesar, Darry, Ingrid, al Ing. Jorge Tohme por sus consejos, al cadista el Sr. Cecilio Díaz por siempre tener un chiste para animarme. A todos los trabajadores de Oriconsult, C.A. por tratarme como uno más de la empresa.*

*A los asesores, Ing. José Sosa por su tiempo de dedicación para mi trabajo, por siempre atenderme y brindarme una ayuda a pesar de estar lejos, Ing. José Bracho por su asistencia para la realización de éste trabajo de grado.*



## RESUMEN

El trabajo que se presenta a continuación, consiste en la elaboración de un manual de procedimiento para el diseño de fundaciones, con el fin que permita al ingeniero realizar o desarrollar los cálculos y análisis de manera ordenada, clara y sencilla, generando de esta manera resultados satisfactorios en cuanto a calidad y tiempo. El manual se crea a través de información visual y documentada. La Estación de Flujo JNEF-01, del campo San Cristóbal de PDVSA, se encuentra ubicada al sur de la población de Pariaguan, en el Municipio José Tadeo Monagas Estado Anzoátegui. Esto surge debido al cambio en la filosofía de operación del campo San Cristóbal, requiriendo la construcción de la nueva Estación JNEF-01, ya que las instalaciones existentes en la Estación Zamurito I, no tienen las condiciones ni la capacidad para el manejo de la nueva volumetría, reflejada en el Portafolio de Oportunidades (PDO) 2006-2025. Para su construcción se requiere de diseños para los nuevos equipos, lo que genera una variedad de cálculos para las diferentes obras civiles inherentes al proyecto, aportando el manual esta facilidad; el mismo fue diseñado para fundaciones de recipientes a presión. Como primer análisis se corroboró las condiciones físicas de la zona de implantación, para así definir los parámetros a utilizar, en función de esto, se realizó una selección del tipo de fundación a utilizar, así como también establecer normas, criterios y especificaciones aplicables de acuerdo a las normas de la industria petrolera. De igual forma, se realizó una esquematización de los pasos a seguir para tal diseño, en forma de flujograma por medio de la herramienta software Microsoft Visio; para ello se precisaron los factores que definen el diseño, como condiciones del suelo y del equipo. Determinada toda la información necesaria se prosigue con la estructuración del manual, donde estarán marcadas tablas, gráficos, figuras y todo tipo de investigación que sea solicitada para el diseño de fundaciones de recipientes a presión.



## CONTENIDO

RESOLUCIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
RESUMEN .....	VIII
CONTENIDO.....	IX
INTRODUCCIÓN .....	12
CAPITULO I.....	15
EL PROBLEMA.....	15
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	15
1.2.    OBJETIVOS. ....	17
1.2.1.    Objetivo General. ....	17
1.2.2.    Objetivos Específicos. ....	17
1.3.    JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4.    ALCANCE DEL PROYECTO. ....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1.    ANTECEDENTES. ....	19
2.2.    FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	21
2.2.1    Manual De Procedimiento. ....	21
2.2.2    Diseño.....	22
2.2.3    Tipos de Diseño.....	22
2.2.4    Fundaciones.....	23
2.2.5    Tipos de Fundación.....	23
2.2.6    Estación de Flujo.....	27
2.2.7    Campo San Cristóbal.....	28
2.2.8    Estación de Descarga. ....	28
2.2.9    Petróleo. ....	29
2.2.10    Etapas de la Producción del Petróleo. ....	30
2.2.11    Diagrama de Flujo.....	31
2.2.12    Tipos de Diagramas de Flujo .....	32
2.3.    TERMINOS RELACIONADOS CON EL CÁLCULO DE FUNDACIONES.....	33
2.3.1.    Capacidad de Carga.....	33
2.3.2.    Tipos de falla por Capacidad de Carga.....	33
2.3.3.    Asentamientos.....	35
2.3.4.    Esfuerzo Admisible.....	36



2.3.5.	<i>Factor de Seguridad.</i>	36
2.3.6.	<i>Capacidad de Soporte.</i>	36
2.3.7.	<i>Método de Diseño de Concreto.</i>	38
2.4.	<b>CONSIDERACIONES TEORICAS DEL PROGRAMA.</b>	40
2.5.	<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESTACIÓN DE FLUJO JNEF-01.</b>	41
2.6.	<b>ESTACIÓN DE FLUJO JNEF-1.</b>	42
2.7.	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.</b>	44
2.8.	<b>ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA.</b>	44
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>47</b>
<b>METODOLOGÍA</b>		<b>47</b>
3.1.	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN.</b>	<b>47</b>
3.1.1.	<i>Fuentes Primarias.</i>	48
3.1.2.	<i>Fuentes Secundarias.</i>	48
3.2.	<b>NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	<b>48</b>
3.3.	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA.</b>	<b>49</b>
3.4.	<b>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.</b>	<b>49</b>
3.4.1.	<i>Observación Directa.</i>	49
3.4.2.	<i>Entrevista no estructurada.</i>	50
3.4.3.	<i>Documentación.</i>	50
3.5.	<b>TÉCNICAS DE ANÁLISIS.</b>	<b>51</b>
3.5.1.	<i>Manejo de Paquetes de Computación.</i>	51
3.6.	<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO.</b>	<b>53</b>
3.7.	<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ZONA.</b>	<b>54</b>
3.8.	<b>SELECCIÓN DEL TIPO DE FUNDACIÓN.</b>	<b>54</b>
3.8.1.	<i>Características del Suelo.</i>	54
3.8.2.	<i>Características del Equipo.</i>	55
3.8.3.	<i>Factores Constructivos.</i>	55
3.8.4.	<i>Factores Económicos.</i>	55
3.9.	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO.</b>	<b>56</b>
3.9.1.	<i>Condiciones Ambientales y Meteorológicas en la Estación.</i>	56
3.9.2.	<i>Condiciones del Suelo en la Estación.</i>	56
3.9.3.	<i>Condiciones del Equipo.</i>	57
3.9.4.	<i>Condiciones de Diseño.</i>	58
3.10.	<b>ESQUEMATIZACIÓN DE PROCEDIMIENTO.</b>	<b>58</b>
3.11.	<b>ESTRUCTURACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTO.</b>	<b>58</b>
3.12.	<b>APLICACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTO.</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>60</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>		<b>60</b>
4.1.	<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ZONA.</b>	<b>60</b>
4.1.1.	<i>Estación Zamurito I.</i>	61
4.1.2.	<i>Área de Implantación de la Estación JNEF-01.</i>	63



4.1.3.	<i>Estudio Geotécnico de la zona.</i>	66
4.2.	<b>SELECCIÓN DEL TIPO DE FUNDACIÓN</b>	67
4.2.1.	<i>Características del Suelo.</i>	67
4.2.2.	<i>Características del Equipo</i>	67
4.3.	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO</b>	69
4.3.1.	<i>Normas, Criterios y Especificaciones para el diseño de Fundaciones para Recipiente Horizontal.</i>	69
4.4.	<b>ESQUEMATIZACIÓN DE PROCEDIMIENTO</b>	71
4.5.	<b>ESTRUCTURACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTO</b>	72
4.5.1.	<i>Datos para el Diseño</i>	72
4.5.2.	<i>Predimensionamiento de la Fundación</i>	76
4.5.3.	<i>Cálculo de Parámetros</i>	78
4.5.4.	<i>Chequeo</i>	88
4.5.5.	<i>Cálculo del Acero de refuerzo</i>	89
4.6.	<b>APLICACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTO</b>	90
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>101</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>101</b>
5.1.	<b>CONCLUSIONES</b>	101
5.2.	<b>RECOMENDACIONES</b>	102
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>103</b>
<b>APENDICE A</b>		<b>105</b>
<i>Manual de Diseño de Fundaciones</i>		105
<b>APENDICE B</b>		<b>129</b>
<i>Planos Referentes a la Estación JNEF-01</i>		129
<b>APENDICE B-1</b>		<b>130</b>
<i>Plano de Implantación de Equipos "PLOT PLAN"</i>		130
<b>APENDICE B-2</b>		<b>132</b>
<i>Plano de Recipiente Horizontal</i>		132
<b>APENDICE C</b>		<b>134</b>
<i>PDO (Portafolio de Oportunidades) 2006-2025</i>		134



## INTRODUCCIÓN

La ingeniería de consulta en Venezuela tuvo su origen en la década de los años sesenta (60) en la prestación de los servicios profesionales para el desarrollo de proyectos especiales, tales como: Aprovechamientos Hidroeléctricos Uribante/Caparo, Macagua; Termoeléctricos Planta Centro; Metro de Caracas, entre otros.

Especialmente en el sector de Hidrocarburos en la década de los años ochenta (80) se desarrollaron proyectos especiales para mejorar las facilidades de explotación y producción de Petróleo y Gas.

En este marco, es donde se inician las operaciones de la empresa ORICONSULT, C. A. en el Oriente de Venezuela, especialmente en la ciudad de Maturín del Estado Monagas. La empresa ORICONSULT, C.A., fue fundada en la ciudad de Maturín en el año 1990, fue concebida como una empresa dedicada al desarrollo de proyectos de ingeniería y asistencia técnica; desde sus inicios ha mantenido un fuerte vínculo con el sector petrolero, en particular con la empresa estatal Petróleos de Venezuela S.A., a la cual ha dado soporte en el desarrollo de proyectos de distintas índoles, en sus distintas fases. Cuenta con un equipo de profesionales de amplia experiencia en la realización de proyectos para la industria petrolera, en cada una de sus etapas: visualización, conceptualización, definición, implantación y operación.

En sus orígenes se identificó con la prestación de servicios de asistencia técnica y suministro de personal. En la actualidad ha evolucionado hasta ser una referencia muy importante para los servicios de consultoría en el oriente del país. A lo largo de su trayectoria, se ha visto en la tarea de desarrollar, con satisfacción y éxito, muchos proyectos para la industria petrolera.



Como sabemos, el petróleo es recurso vital para el desarrollo del país, desde su explotación se ha tenido que encontrar las maneras para su tratado, conllevando a la construcción de estaciones de flujo, estaciones de descarga, estaciones de bombeo, etc., para su aprovechamiento. Las estaciones de flujo desempeñan un papel importante en la cadena de producción. Después que el crudo de cada uno de los pozos sale a la superficie, se recolecta mediante un sistema de líneas de flujo que van desde el cabezal de los pozos hasta el múltiple de producción en cada una de las estaciones de flujo, ya allí el flujo de crudo producido por los pozos entra a los separadores donde se realiza la separación del petróleo y gas. Al salir por los separadores, el petróleo y el gas siguen rutas diferentes para cumplir fases avanzadas de limpieza y separación que exige la normativa internacional de compra-venta.

Los diferentes tipos de crudo que llegan a las estaciones de flujo son bombeados a través de tuberías hasta los patios de tanques, donde finalmente se recolecta y almacena toda la producción de petróleo de un área determinada, para ser tratada, eliminando el agua y la sal, colocándolo bajo especificaciones comerciales. Después el petróleo ya limpio (sin agua y desalado) almacenado en los patios de tanques es enviado a través de los oleoductos a las refinerías del país y a los terminales de embarque para su exportación a los mercados de ultramar.

Para lograr con toda esta cadena, se requieren equipos especializados para este tipo de funciones y para cumplir con los objetivos planteados en el desarrollo de éste trabajo se estructuró en 5 capítulos, descritos a continuación:

- Capítulo I. El Problema. Este capítulo está enfocado en plasmar de manera clara y concreta el planteamiento del problema, los objetivos propuestos, justificación y los límites de desarrollo del mismo.
- Capítulo II. Marco Teórico. Se entiende por marco teórico el conjunto de experiencias, leyes, teorías e hipótesis que justifican y explican la importancia, necesidad y enfoques



adoptados por una investigación. Contenidos estos en una revisión bibliográfica y descripción de fundamentos teóricos empleados en este trabajo.

- Capítulo III. Metodología. Como su nombre lo indica, este capítulo contiene la metodología aplicada para el desarrollo del proyecto, explicando los procedimientos experimentales, descripción de equipos, datos obtenidos y muestra de cálculos.
- Capítulo IV. Análisis de Resultados. En este capítulo se presentan los resultados obtenidos y su análisis respectivo.
- Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones. En este último capítulo se presentan las conclusiones de los objetivos desarrollados en este trabajo de grado, así como también algunas recomendaciones para mejorar el sistema.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA.

En este primer capítulo se busca definir los límites del proyecto, estableciendo el planteamiento, los objetivos, tanto general como específicos, la justificación y el alcance del mismo.

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

**ORICONSULT, C.A. Oriente Consultores, C.A.**, actualmente se encuentra desarrollando un proyecto de ingeniería básica y de detalles de la “Construcción de la Estación de Flujo JNEF-01 en el área de Unidad de Producción San Cristóbal”, el cual consiste en el diseño de la infraestructura necesaria para garantizar el manejo de crudo, provenientes de las macollas 1 y 2, y su posterior envío a la Estación de Descarga BUED-02, pertenecientes a PDVSA Distrito San Tomé.

Entre los meses de Enero y Febrero del 2006, se inicio el arranque de las Bombas Multifásicas de la Macolla 2 del área San Cristóbal, generándose problemas de alta presión en el oleoducto de 16”, esta situación motivó la paralización del sistema de bombeo multifásico. En vista de lo anterior fue necesario definir paralelamente planes a corto y mediano plazo para el manejo de la producción de crudo y gas asociado a la Unidad de Producción San Cristóbal. A partir de esta situación y con el objeto de ir minimizando el riesgo operacional y a su vez ir normalizando las instalaciones bajo las condiciones de seguridad industrial y normativa PDVSA, se concretó la ejecución de obras, siendo una alternativa a corto plazo la obra de Instalación de Facilidades Temporales para la Separación, Almacenamiento y Bombeo en la Macolla 2, Zamurito I área San Cristóbal.

Esta obra presentó como alcance principal la instalación de dos (2) separadores de producción de 99,37 m<sup>3</sup>/h (15 Mil Barriles Diarios) cada uno, un (1) separador de prueba



de 23,19 m<sup>3</sup>/h (3,5 MBD), ocho (8) tanques cilíndricos de almacenamiento de 79.49 m<sup>3</sup> (500 Barriles) cada uno, y cinco (5) bombas de transferencia de crudo de 44,38 m<sup>3</sup>/h (6,7 MBD) cada una; actualmente dicha obra se encuentra culminada.

A raíz del problema es necesario un cambio en la filosofía operacional de transferencia de crudo, de flujo multifásico a flujo monofásico. En vista de esto, se genera la necesidad de construir una nueva estación, con mayor capacidad y condiciones adecuadas para el manejo de la volumetría de crudo a tratar. La nueva estación tiene por nombre JNEF-01, cuyo caudal que converge en ella, es proveniente de las macollas 1 y 2, y una vez terminada se incorporarán las macollas 3 y 5.

Debido a la construcción de la estación se generan nuevas instalaciones, y con ellas la realización de una serie de cálculos y diseños, así como también documentos y planos, los cuales ameritan un periodo de tiempo considerable para su elaboración. Por lo tanto es necesario precisar la duración de la fase de diseño para una evolución satisfactoria del proyecto. En esta propuesta se estudiará la posibilidad de agilizar los procesos para tal fin en el área de diseño, con el desarrollo de un manual de procedimiento para el diseño de las fundaciones de los equipos que se encuentran en la estación.

Para diseñar el manual didáctico, se esquematizarán los pasos ordenadamente mediante Diagramas de Flujo, basados dichos cálculos en las normas y criterios utilizados para la industria petrolera. De esta manera apoyar a la empresa con la automatización de los procedimientos, lo cual aligerará el trabajo del ingeniero generando resultados en menor tiempo, de calidad y en cantidad.

Todo esto conlleva al aumento de la productividad individual y colectiva de la empresa. De esta manera, puede ser utilizado por Oriconsult, C.A. en otros proyectos, marcando el inicio de nuevos trabajos en materia de manuales dentro de la empresa, tanto para la disciplina de civil, como para otras áreas de ingeniería, como las disciplinas de Procesos, Mecánica, Electricidad e Instrumentación.



## **1.2. OBJETIVOS.**

### **1.2.1. Objetivo General.**

Elaborar un manual de procedimiento para el diseño de fundaciones para la Estación de Flujo JNEF – 01 PDVSA, en el área de U. P. San Cristóbal Distrito San Tomé.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- Identificar las características físicas del sitio de desarrollo del proyecto.
- Seleccionar el tipo de fundación que se diseñará.
- Establecer los parámetros de diseño de las fundaciones.
- Esquematizar el diagrama de flujo de diseño de fundaciones.
- Estructurar el manual de procedimiento.
- Analizar la aplicabilidad del manual para el diseño de las fundaciones.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN.**

Debido al incremento en la producción de crudo, PDVSA requiere aumentar la capacidad de manejo de fluidos de las estaciones de flujo y de descarga, realizando ampliaciones de las mismas o construyendo nuevas estaciones. De acuerdo a los pronósticos de producción comprendidos en el portafolio de oportunidades (PDO 2006-2025), se tiene previsto la construcción de la Estación JNEF-01.

Para esta estación, se prevé manejar una producción de 9.221,26 m<sup>3</sup> (58 Mil Barriles Diarios) de crudo, proveniente de las macollas 1, 2 y por medio de la



incorporación de nuevos pozos. Dicha estación requiere de la instalación de una serie de equipos para su operación, los cuales van a estar fijados a fundaciones de concreto.

El desarrollo del presente trabajo persigue aportar beneficio, para que la Estación de Flujo JNEF-01 pueda operar el aumento en la producción nacional programado por PDVSA, y de esta manera poder conservar la rentabilidad de la empresa, de igual forma originar un crecimiento económico para la nación, así como también, generar fuentes de empleo, sobre todo en los poblados aledaños a la estación.

#### **1.4. ALCANCE DEL PROYECTO.**

El presente trabajo contempla la elaboración de un manual de procedimiento para el diseño de fundaciones de los equipos que se encuentran en el sistema de producción de crudo de la Estación de Flujo JNEF-01 del Campo San Cristóbal Edo. Anzoátegui - Venezuela. Siendo objeto de investigación el área de disposición de las fundaciones de los equipos (recipientes horizontales). Seguidamente todo ese crudo sea enviado a la Estación de Descarga BUED-2, donde será procesado.

En este primer capítulo se busca definir el alcance del proyecto, estableciendo el planteamiento, los objetivos, tanto general como específicos, la justificación y los límites del mismo.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

En este capítulo se definen las referencias teóricas que fueron necesarias para la realización de este trabajo.

#### 2.1. ANTECEDENTES.

- Romero C. y Gómez A., “Análisis y Diseño de las fundaciones más comunes en plantas industriales”.

Este trabajo presenta el diseño de fundaciones más comunes empleadas en las plantas industriales como la refinería, donde el crudo es tratado y debe transitar por una serie de equipos para su complejo proceso. Estas fundaciones son tanto para la edificación como para los equipos. Facilitando el conocimiento de las fundaciones utilizadas en estructuras especiales de plantas industriales, con el objeto de cubrir los aspectos más resaltantes del diseño.

El trabajo citado anterior se enfoca en el análisis y diseño de las fundaciones que se emplean en una planta industrial como la refinería, mostrando las diferentes alternativas para el mismo, algunas de las cuales podrían ser utilizadas en el desarrollo del presente trabajo. Sin embargo, se basa en fundaciones para refinería, lo cual representa una diferencia con el trabajo a desarrollar, de la misma forma no abarca un manual de guía para tal diseño.

- Meneses K. y Morales J., “Elaboración de un manual didáctico que permita describir criterios generales aplicables a la planificación del proceso constructivo en represas de enrocado”.



Después de haber estudiado las posibilidades de las represas de enrocado, llegaron a la conclusión de que este tipo de represas son económicas, lo que conllevó al diseño de un manual para criterios de construcción de represas de enrocado, el cual consiste en la determinación, sobre bases racionales, de todos los detalles referentes a la localización, geometría, y constitución de la cortina y estructuras colaterales o accesorias. Dicho manual servirá de apoyo para proyectar la construcción de una represa de enrocado o para fortalecer conocimientos previos.

Trabajo enfocado en criterios generales para la construcción de represas de enrocado en forma de manual, pudiendo servir de patrón para el desarrollo del presente trabajo. A diferencia de éste, el trabajo a desarrollar abarcará la elaboración de un manual pero para el diseño de fundaciones.

- Benavente G. y Vázquez L., “Elaboración de un manual práctico para el diseño de pavimento de carreteras por el método AASHTO-93”.

Con el propósito de incluir en un solo documento toda la información actualizada sobre pavimentos flexibles que se encontraba dispersa, se elaboró este manual práctico, con la finalidad de agrupar, resumir y presentar las actividades o una metodología sencilla que abarque el diseño de una estructura en particular, cumpliendo con los requisitos establecidos por las Normas venezolanas.

En este manual se puntualizan las acciones esquematizadas de manera general y los principales factores que participan en el diseño. Los factores más importantes que intervienen en el diseño y que gobiernan el espesor de la estructura del pavimento son las cargas impuestas por el tráfico, el impacto del medio ambiente y las propiedades de los materiales.

Este trabajo se basa principalmente en reunir, sintetizar y mostrar, una metodología sencilla para el ingeniero, abarcando el diseño de una estructura en



particular, pudiendo servir como alternativa o referencia para el desarrollo del presente trabajo. Sin embargo, el manual está desarrollado para el diseño de pavimentos, lo cual representa una gran diferencia con el trabajo a desarrollar.

## **2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.**

### **2.2.1 Manual De Procedimiento.**

Un manual de procedimientos es el documento que contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de una unidad, o de dos o más de ellas.

Los manuales de procedimiento tienen muchas utilidades, a continuación se describen algunas de ellas:

- Permite conocer el funcionamiento respecto a descripción de tareas, ubicación, requerimientos y a los puestos responsables de su ejecución.
- Auxilian en la inducción, al adiestramiento y capacitación del personal ya que describen en forma detallada las actividades.
- Sirve para el análisis o revisión de los procedimientos de un sistema.
- Contribuye simplificando tareas de trabajo como análisis de tiempos, delegación de autoridad, etc.
- Establece un sistema de información o bien modificar el ya existente.
- Uniforma y controla el cumplimiento de las rutinas de trabajo y evita su alteración arbitraria.
- Determina en forma más sencilla las responsabilidades por fallas o errores.
- Facilita las labores de auditoría, evaluación del control interno.
- Aumenta la eficiencia de los empleados, indicándoles lo que deben hacer y cómo deben hacerlo.
- Ayuda a la coordinación de actividades y evitar duplicidades.
- Construye una base para el análisis posterior del trabajo y el mejoramiento de los sistemas, procedimientos y métodos.



### 2.2.2 Diseño

En sus inicios, y tras distanciarse de las artes decorativas para sumarse al auge industrial del siglo XX, el movimiento del diseño intentó centrarse en la función del objeto en el entorno, y dio primacía a la estructura en relación a la forma. Siendo el diseño el conjunto de técnicas de ayuda a la concepción y gestión de proyectos de diseño de nuevos productos.

También se define como el arte de ordenar y componer elementos de la misma clase para formar un todo, con un sentido o un fin determinado.

### 2.2.3 Tipos de Diseño.

- **Diseño del entorno:** se ocupa de resolver problemas de urbanismo y paisajes, así como también económicos, de ambientación y decoración en general.
- **Diseño arquitectónico:** se ocupa de todo lo relacionado con la proyección y la construcción de edificios y obras de ingeniería, ambientación y decoración de edificios, parques y jardines, y elementos urbanos.
- **Diseño industrial:** abarca desde los tornillos y piezas de máquinas, los elementos prefabricados para la construcción y el mobiliario de toda clase hasta las máquinas de todo tipo, desde una bicicleta hasta un avión, pasando por los electrodomésticos.
- **Diseño gráfico:** se refiere a todo tipo de composiciones, planos, dibujos, carteles, portadas de libros, periódicos y revistas, fotografías, proyectos de propagandas, etc. Se puede hablar de diseño de zapatos, de moda, de juguetes, y de todo tipo de actividad que suponga crear objetos para que la gente los use, se los ponga o simplemente los mire.

Hay otros diseños como de procesos y programas. En resumen, el diseño es la planificación y realización de objetos y ambientes para uso y estancias de las personas así como de procesos y programas de actividades humanas.



#### **2.2.4 Fundaciones.**

La fundación es aquella parte de la estructura que tiene como función transmitir en forma adecuada las cargas de la estructura al suelo y brindar a la misma un sistema de apoyo estable.

Se deben diseñar para satisfacer dos objetivos: limitar el asentamiento total a una cantidad pequeña aceptable y eliminar el asentamiento diferencial, hasta donde sea posible, entre las partes de una estructura. Esta se debe construir sobre un suelo con suficiente resistencia a la deformación y distribuir la carga sobre una superficie grande del suelo.

Estará bien diseñada si cumple adecuadamente con su doble función, estabilidad y resistencia, controlando dos estados límites a saber, las condiciones de servicio y las condiciones de falla por resistencia. A estas dos condiciones de falla se les llama estados límites, porque ambas determinan si una fundación sirve o no.

#### **2.2.5 Tipos de Fundación.**

Existen diferentes tipos de fundación y se encuentran clasificadas de la siguiente manera:

##### **2.2.5.1 Fundaciones Superficiales.**

###### **✓ Zapatas.**

Las zapatas “cimentaciones en zonas aisladas de la estructura” son los tipos más utilizados y se utilizan cuando el terreno tiene en su superficie una resistencia media o alta con respecto a las cargas de la estructura. Es homogénea como para ser afectadas por asentamientos diferenciales entre las distintas partes.



- **Zapatas Aisladas.**

Son de carácter puntual, generalmente están constituidas por dados de hormigón de planta cuadrada, rectangular, redonda. Las fundaciones de zapata en general constituyen los tipos más usados tanto por su economía como por su sencillez de construcción.
  - **Zapatas Tirantadas.**

Son de carácter puntual y trabajan de forma independiente, pero se encuentran unidas por una cadena apoyada al terreno la cual se diseña para evitar el movimiento horizontal relativo entre zapatas aisladas o para unir una zapata aislada a una función corrida.
  - **Zapatas y Vigas de Fundación.**

La viga de fundación es un elemento estructural que permite tomar las cargas de muro y transmitir las a zapatas aisladas. Puede haber varias razones para querer diseñar zapatas con vigas de fundación.
  - **Zapatas Corridas.**

Cuando se trate de pilares alineados muy próximos a muros, o de equilibrar cargas excéntricas sobre las zapatas contiguas, se considera directamente el empleo de una zapata continua o zapata corrida.
- ✓ **Losas.**
- Las losas “cimentación sobre toda la superficie de la estructura” se emplean en terrenos menos resistentes o menos homogéneos o bajo estructuras menos resistentes.

Con ellas se aumenta la superficie de contacto y se reducen los asentamientos diferenciales. Puede decirse de forma



aproximadamente que la losa es más económica que las zapatas si la superficie total de estas es superior a la mitad de la superficie cubierta por el edificio, debido al menor espesor de hormigón y cuantía de armaduras, a una excavación más sencilla y un ahorro de encofrados.

- **Losas de espesor constante.**

Tiene la ventaja de su gran sencillez de ejecución. Si las cargas y las luces no son importantes el ahorro de encofrados puede compensar el mayor volumen de hormigón necesario.

- **Losas con Capiteles.**

Se utilizan para aumentar el espesor bajo los pilares y mejorar la resistencia a flexión y cortante. Los capiteles pueden ser superiores o inferiores teniendo estos últimos la ventaja de realizarse sobre la excavación y dejar plana la superficie del sótano.

- **Losas Nervadas.**

Con nervios principales bajos los pilares y otros secundarios los nervios pueden ser superiores o inferiores, en el caso de nervios superiores el encofrado es más complicado, y suele ser necesario el empleo de un relleno de aglomerado ligero y un solado independiente para dejar plana la superficie superior. Los nervios inferiores pueden hacerse sobre la excavación.

- **Losas Flotantes.**

Cuando es necesario construir estructuras muy sensibles a asentamientos en terrenos pobres puede recurrirse a fundaciones de losa flotante. La fundación debe hacerse de dimensiones tales que el peso del volumen de tierra removida sea similar a la carga producto del peso de la estructura. En esta forma las condiciones de carga en la superficie del terreno



de fundación no han sido teóricamente modificadas por la construcción, de modo que será razonable suponer que los asentamientos serán bajos o nulos.

#### 2.2.5.2 Fundaciones Profundas.

##### ✓ Pilotes.

Pieza larga a modo de estaca, de madera, hierro y hormigón armado, que se hincan en el terreno, bien para soportar una carga, transmitiéndola a capas inferiores más resistentes, bien para comprimir y aumentar la compacidad de las capas de tierra subyacentes.

- **Pilotajes.**

Un pilotaje es una cimentación constituida por una zapata o encepado que se apoya sobre un grupo de pilote o columnas que se introducen profundamente en el terreno para transmitir su carga al mismo. Los pilotajes se emplean cuando el terreno resistente está a profundidades de los 5 o 6 mts; cuando el terreno es poco consistente hasta una gran profundidad; cuando existe gran cantidad de agua en el mismo; y cuando hay que resistir acciones horizontales de cierta importancia.

- **Pilotes Prefabricados.**

Estos se hincan en el terreno mediante máquinas del tipo martillo. Son relativamente caros ya que deben ir fuertemente armados para resistir los esfuerzos que se producen en su transporte, izado e hincado. Pueden originar perturbaciones en el terreno y en las estructuras próximas durante su hincado, tienen la ventaja de que la hincado constituye una buena prueba de carga.

- **Pilotes moldeado “in situ”.**



Estos se realizan en perforaciones practicadas previamente mediante sondas de tipo rotativo. Generalmente son de mayor diámetro que los prefabricados y resisten mayores cargas.

- **Encepados.**

Los encepados constituyen piezas prismáticas de hormigón armado que transmiten y reparten la carga de los soportes o muros a los grupos de pilotes. Como en la actualidad se emplea generalmente pilotes de diámetro grande por razones económicas el número de pilotes por cada encepado no suele ser muy elevado.

#### **2.2.6 Estación de Flujo.**

Consiste en la instalación compuesta por tanques, recipientes a presión, estacas de venteo, bombas y tuberías donde se recolecta la producción original de varios pozos, seguidamente pasa a un proceso para separar el gas del crudo, y posteriormente el crudo es enviado a una estación de descarga.

En la industria petrolera a nivel mundial siempre se cumple las fases de explotación, producción y comercialización de los hidrocarburos y sus derivados, una vez que el petróleo llega a la superficie este se recolecta mediante procesos asociados al manejo de crudo, el gas se separa para ser transferidos a las plantas de compresión, mientras que el crudo es bombeado a los patios de tanques para su adecuación y distribución.

Las estaciones de flujo juegan un papel muy importante en toda esta cadena, siendo esta instalación de superficie muy importante para la distribución del crudo hacia las diferentes áreas donde será llevado el crudo producido.

Los diferentes tipos de crudos recolectados que llegan a las estaciones de flujo, luego de ser tratados, son transferidos a través de tuberías hacia estaciones



de descarga o refinerías, donde finalmente se almacena toda la producción de petróleo de una determinada área, con el objeto de ser darle un tratamiento avanzado, eliminándose el agua y colocando el crudo bajo especificaciones comerciales para la venta.

### **2.2.7 Campo San Cristóbal.**

La producción de crudo en el Campo San Cristóbal, está asociada a las Macollas M1 y M2 con una producción de 23 MBD y 16° API la cual es bombeada hacia la Estación de Descarga Budare-2 (BUED-2) por un oleoducto de 16" x 33 km, donde se mezcla con la producción de las estaciones de Flujo Budare-1 (BUEF-1) y Elías-15 (EEF-15), la mezcla luego es enviada a la Estación de Descarga Elías-6 (EED-6) para su posterior bombeo por el Lateral Sur Agua hasta el Centro de Almacenamiento y Transporte de Crudo San Tomé (CATCSTM).

### **2.2.8 Estación de Descarga.**

Son instalaciones petroleras para la recolección de crudos provenientes de las estaciones de flujo y de los pozos productores, el crudo deberá ser tratado y deberá cumplir con las especificaciones de concentración, de acuerdo a cada tipo y al proceso empleado. Este deberá contener el menor grado de impurezas y de agua para posteriormente enviarlo a través de oleoductos laterales hasta los patios de tanque.

Las estaciones de descarga están conformadas generalmente por los siguientes equipos:

- Tanque de almacenamiento de petróleo.
- Tanque de almacenamiento de agua salada.
- Tanque de almacenamiento para pozos petroleros.
- Tanque de lavado.
- Separadores.
- Tratadores.



- Calentadores.
- Bombas operacionales.
- Red de oleoductos y diluentes que pueden ser de conexión desde los pozos.

### **2.2.9 Petróleo.**

Es el mineral básico sin procesar bombeado de la tierra. Existen distintos grados de petróleo, cada uno conteniendo varios vapores, líquidos y sólidos. Este contiene tal diversidad de componentes que difícilmente se encuentran dos tipos idénticos.

Se dice que es el 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. Aunque se conoce de su existencia y utilización desde épocas milenarias, la historia del petróleo como elemento vital y factor estratégico de desarrollo es relativamente reciente, de menos de 200 años. En sus inicios, fue comercializó por vez primera bajo el nombre de "aceite de roca" o "petróleo". Desde entonces comienza el desarrollo de la industria del crudo y el verdadero aprovechamiento de un recurso que indudablemente ha contribuido a la formación del mundo actual. <sup>[8]</sup>

Los petróleos de mejor calidad son aquellos que se clasifican como "livianos" y/o "suaves" y "dulces". Del crudo obtenemos fertilizantes, materiales de construcción, pinturas y textiles. La industria petroquímica usa productos derivados de él para hacer plásticos, fibras sintéticas, detergentes, medicinas, conservadores de alimentos, hules y agroquímicos. Lo usamos también para generar electricidad, obtener energía calorífica para fábricas, hospitales y oficinas y diversos lubricantes y combustible para maquinaria y vehículos

El petróleo extraído generalmente viene acompañado de sedimentos, agua y gas natural, por lo que deben construirse previamente las facilidades de



producción, separación y almacenamiento. Una vez separado de esos elementos, el petróleo se envía a los tanques de almacenamiento y a los oleoductos que lo transportarán hacia las refinerías o hacia los puertos de exportación. El gas natural asociado que acompaña al petróleo se envía a plantas de tratamiento para aprovecharlo en el mismo campo y/o despacharlo como "gas seco" hacia los centros de consumo a través de gasoductos.

El petróleo ha transformado la vida de las personas y la economía de las naciones. Su descubrimiento creó riqueza, modernidad, pueblos industriales prósperos y nuevos empleos, motivando el crecimiento de las industrias mencionadas.

#### **2.2.10 Etapas de la Producción del Petróleo.**

- **Flujo en el yacimiento.**

Esta fase se refiere a la difícil y complicada trayectoria que sigue el petróleo dentro del yacimiento –a miles de metros de profundidad- a través de los microcanales de roca porosa y permeable hasta llegar al fondo del pozo. Este recorrido lo hace el petróleo gracias a la presión o energía natural que existe en el yacimiento.

- **Producción en el pozo.**

Una vez que el petróleo llega al fondo del pozo, continúa su recorrido por la tubería vertical de producción hasta alcanzar la superficie. A medida que el petróleo asciende (bien sea por medios naturales o por métodos de levantamiento artificial) la presión disminuye y ocurre la liberación del gas originalmente disuelto en el crudo.

- **Recolección de crudo.**



Después que el petróleo de cada uno de los pozos del yacimiento ha alcanzado la superficie, se recolecta mediante un sistema de líneas de flujo que van desde el cabezal de los pozos hasta las estaciones de flujo.

- **Separación del gas.**

En las estaciones de flujo de petróleo y el gas producidos por los pozos entran a los separadores donde se completa la separación del gas que aún quedaba mezclado con el petróleo. Al salir por los separadores, el petróleo y el gas siguen rutas diferentes para cumplir con los distintos usos y aplicaciones establecidas.

- **Almacenamiento de crudo.**

Los diferentes tipos de petróleo que llegan a las estaciones de flujo son bombeados a través de las tuberías hasta los patios de tanques, donde finalmente se recolecta y almacena toda la producción de petróleo de un área determinada, para ser tratada, eliminando el agua y la sal, colocándolo bajo especificaciones comerciales.

- **Transporte de oleoductos.**

El crudo limpio (sin agua y desalado) almacenado en los patios de tanques es enviado a través de los oleoductos a las refinerías del país y a los terminales de embarque para su exportación a los mercados de ultramar.

- **Embarque a exportación.**

El petróleo que llega a los terminales de embarque es cargado a la flota tanquera para su envío a los distintos mercados del mundo.

### **2.2.11 Diagrama de Flujo.**

Los diagramas de flujo son una manera de representar visualmente el flujo de datos a través de sistemas de tratamiento de información. Los diagramas de flujo describen que operaciones y en que secuencia se requieren para solucionar un problema dado. Estos diagramas de flujo desempeñan un papel vital en la programación de un problema y facilitan la comprensión de problemas complicados y sobre todo muy largos. Una vez que se dibuja el diagrama de



flujo, llega a ser fácil escribir el programa en cualquier idioma de alto nivel. A menudo los diagramas de flujo nos dan ventaja al momento de explicar el programa a otros. Por lo tanto, está correcto decir que un diagrama de flujo es una necesidad para la mejor documentación de un programa complejo.

### 2.2.12 Tipos de Diagramas de Flujo

- **Diagrama de flujo vertical:** También denominado gráfico de análisis del proceso. Es un gráfico en donde existen columnas verticales y líneas horizontales. En la columnas verticales están los símbolos o convencionales (de operación, transporte, control, espera y archivo), los funcionarios involucrados en la rutina, el espacio recorrido para la ejecución y le tiempo invertido.
- **Diagrama de flujo horizontal:** Es diferente al anterior, al revés de la secuencia que se traslada verticalmente, esta lo hace de manera horizontal. Este utiliza los mismos símbolos y convenciones que el vertical. El Diagrama de flujo horizontal destaca a las personas u organismos que participan en una determinada rutina o procedimiento.
- **Diagrama de flujo de bloques:** Es un diagrama de flujo que representa la rutina a través de una secuencia de bloques, cada cual con su significado y encadenados entre sí. Utiliza una simbología mucho más rica y variada que los diagramas anteriores, y no se restringe a líneas y columnas preestablecidas en el gráfico. Los analistas de sistemas utilizan mucho este diagrama para representar los sistemas, es decir, para indicar entradas, operaciones, conexiones, decisiones, archivado, etc., que constituyen el flujo o la secuencia de las actividades de los mismos.



## 2.3. TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL CÁLCULO DE FUNDACIONES.

### 2.3.1. Capacidad de Carga.

Cuando una fundación aplica carga al subsuelo se producen asentamientos y, si la carga se incrementa lo suficiente, a lo largo forman en el suelo superficies de deslizamiento, a lo largo de las cuales se sobre pasa la resistencia al esfuerzo cortante, y finalmente se produce un colapso o falla por capacidad de carga.

Si se considera la zapata aislada sometida a una creciente carga vertical se puede graficar esta carga contra el asentamiento que se produce. La forma de la curva carga – asentamiento depende de factores tales como el tamaño, forma y profundidad de la zapata, la composición del subsuelo, la profundidad del nivel freático y el tipo, rata de aplicación frecuencia de la carga.

La presión de contacto promedio que ejerce la zapata sobre el suelo, correspondiente a esta carga ultima  $Q_{ult}$ , se le denomina capacidad de carga última del suelo  $q_{ult}$ , cuyo valor es:

$$q_{ult} = \frac{Q_{ult}}{A_f}$$

Cuando se diseña una fundación se debe proveer un margen de seguridad para evitar una falla por capacidad de carga, por lo que la presión segura o capacidad admisible de carga ( $q_a$ ) es:

$$q_a = \frac{q_{ult}}{FS}$$

donde FS es un factor de seguridad que depende de variables tales como tipo de suelo, tipo y duración de las cargas, tipo de la estructura, vida útil de la obra, etc.

### 2.3.2. Tipos de falla por Capacidad de Carga.

Los principales modos de falla por corte bajo fundaciones superficiales se describen a continuación.



### **2.3.2.1. Falla General por Corte.**

Se caracteriza por la existencia de un patrón de falla bien definido, que consiste en una cuña de suelo y dos superficies continuas de deslizamiento que se extienden desde cada lado de la zapata hasta la superficie del terreno.

### **2.3.2.2. Falla Local por Corte.**

Consiste en un patrón de formación de una cuña y dos superficies de deslizamiento que comienzan a cada lado de la zapata, pero que, al contrario de la falla general por corte, terminan en algún sitio dentro de la masa del suelo. Hay una tendencia visible al levantamiento del terreno alrededor de la zapata y existe una compresión vertical del suelo bajo la misma. La falla local por corte constituye un modo transicional entre la falla general y la falla por punzonado.

### **2.3.2.3. Falla por Punzonado.**

El patrón de falla en este caso no es fácil de observar. A medida que se incrementa la carga, se comprime el suelo inmediatamente debajo de la zapata y se produce el desplazamiento vertical de la misma. La penetración continua de la zapata en el suelo se hace posible por el corte vertical alrededor del perímetro de la zapata. El suelo fuera del área cargada permanece relativamente inalterado y prácticamente no se produce movimiento del suelo alrededor de la misma.

La fundación se asienta mediante pequeños movimientos verticales repentinos, pero sin producir el colapso o la rotación de la zapata. Un incremento continuo de la carga es necesario para mantener la zapata en movimiento vertical. Este tipo de falla se produce en arenas muy sueltas o en suelos cohesivos blandos o muy blandos, cuando la carga se aplica lentamente bajo condiciones drenadas.



### 2.3.3. Asentamientos.

Es un deslizamiento de la fundación en sentido vertical. Las causas de los asentamientos son variadas, entre las que se incluyen:

- La influencia de cargas estáticas, permanentes o variables, tales como el propio peso de las estructuras, peso de mobiliario, personas y equipos, etc.
- La influencia de cargas dinámicas o transitorias, como son las cargas impuestas por maquinarias, los efectos del viento, los efectos sísmicos, etc.
- Las vibraciones, especialmente en suelos granulares sueltos.
- Cambios en el contenido de humedad en el suelo producidos por fluctuaciones estacionales del nivel freático, o por la absorción de agua por grandes árboles, etc.
- Deterioro de las fundaciones, causado por la acción de agentes corrosivos presentes en el suelo, especialmente sales y azufre.
- Abatimiento del nivel freático por extracción de agua del suelo mediante bombeo o cualquier otra causa.
- El fenómeno de licuación que se produce en las arenas finas saturadas cuando son sometidas a movimientos telúricos.

Los asentamientos causados por cargas estáticas, son los que se producen comúnmente en la práctica. Sin embargo no se puede dejar pasar por alto, que en una situación particular, el efecto de cualquiera de las otras causas de asentamientos puede ser de igual o mayor significación que el de las cargas estáticas.

Cualquier incremento de esfuerzos en el suelo producido por las fundaciones causará deformaciones que resultarán en asentamientos de la estructura, los cuales han de ser calculados para asegurar que no se sobrepasen los asentamientos máximos tolerables por la estructura o equipo. De manera general, el asentamiento total  $S$  de una fundación vendrá dado por:



$$S = S_e + S_c + S_s$$

Donde:  $S_e$  = asentamiento inmediato (“elástico”).

$S_c$  = asentamiento por consolidación.

$S_s$  = asentamiento por consolidación secundaria.

#### 2.3.4. Esfuerzo Admisible.

Es el máximo esfuerzo al que puede ser sometido un material con cierto grado de seguridad.

#### 2.3.5. Factor de Seguridad.

Relación entre el esfuerzo último y el esfuerzo admisible.

#### 2.3.6. Capacidad de Soporte.

La capacidad admisible de carga del suelo puede estar restringida por la resistencia al esfuerzo cortante del suelo o por la necesidad de limitar los asentamientos a valores tolerables por la estructura. El valor de la presión de contacto que se debe considerar en el dimensionado en planta de las fundaciones depende del criterio gobernante. Existen 2 tipos de caso, los cuales se muestran a continuación.

**CASO I.** Capacidad admisible de carga limitada por corte ( $q_a$ ).

Las ecuaciones de capacidad de carga consideran el equilibrio de la zapata a la cota de fundación, por lo que para determinar la presión de contacto hay que tomar el peso total a dicha cota, lo que incluye la carga por columna, el peso propio de la zapata y pedestal y el peso del suelo por encima de dicha cota, de la siguiente manera:

$$q = q_{total} = \frac{Q + W_f + W_s}{A_f}$$

Por simplicidad de cálculo, si se considera al pedestal como de suelo en vez de concreto (se comete un pequeño error en el cálculo del peso igual  $(\gamma_c - \gamma_s)$  Vol. Pedestal), la presión de contacto resulta:

$$q_{total} = \gamma_c h + \gamma_s (D_f - h) + \frac{Q}{A_f}$$

y este valor debe ser:

$$q_{total} \leq q_a = \frac{q_{ult}}{FS}$$

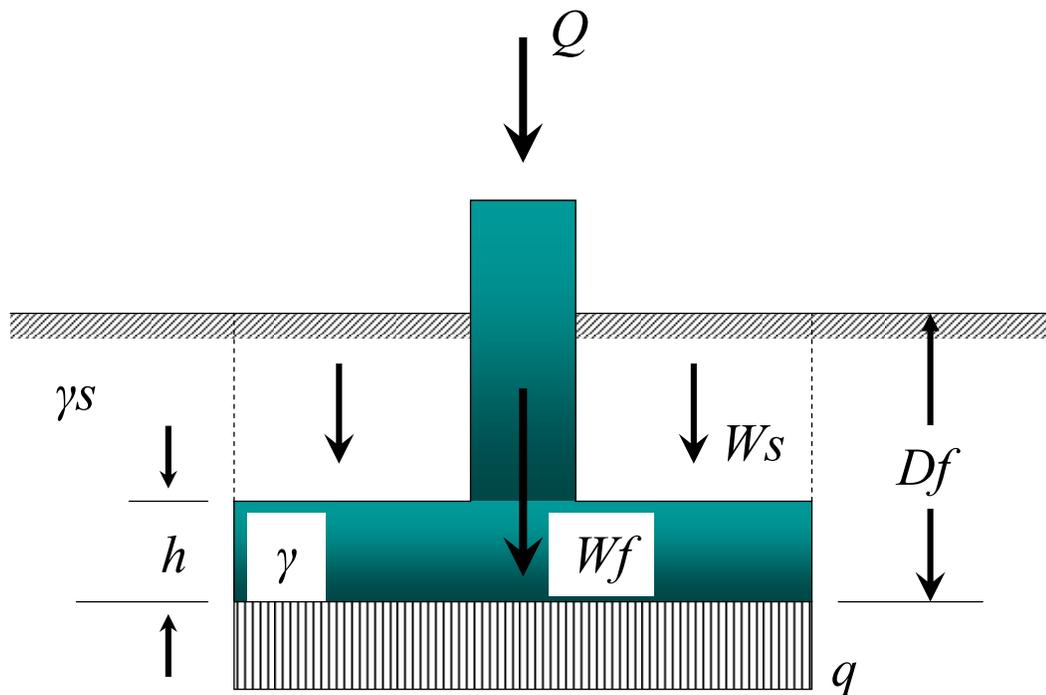


Figura N° 1. Esquema de Caso I.

**CASO II.** Capacidad admisible de carga limitada por asentamientos ( $q_a'$ ).

Los asentamientos son causados por incrementos de presión en exceso a los previamente existentes a la cota de fundación. El incremento neto de presión debido a la zapata es:

$$q_{neta} = q_{total} - \gamma_s D_f = \frac{Q}{A_f} + (\gamma_c - \gamma_s)h$$

valor este que debe ser inferior a la máxima presión de contacto ( $q_a$ ) requerida para limitar los asentamientos.

Cuando no se rellena la excavación hecha para la construcción de la fundación, como es el caso de edificios con sótano fundados sobre losas corridas, es posible hacer que el incremento de presión neta sea igual a cero con la finalidad de tener asentamientos nulos.

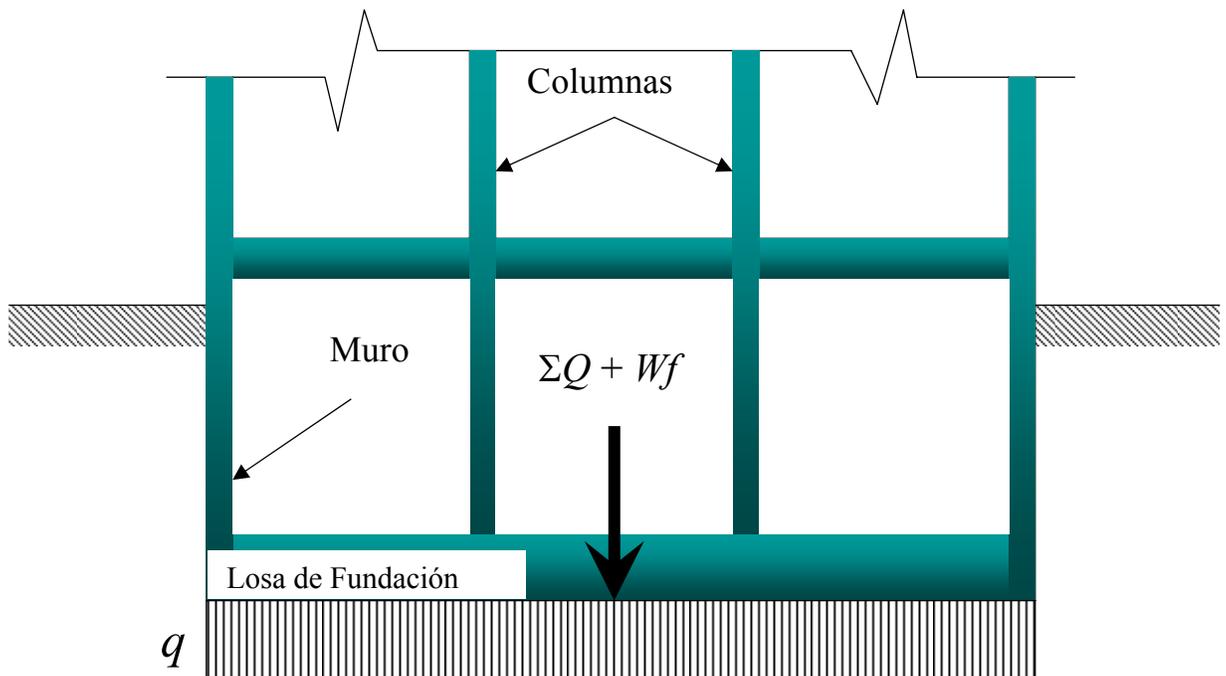


Figura N° 2. Esquema de Caso II.

### 2.3.7. Método de Diseño de Concreto.

Para el diseño estructural de secciones de concreto sometidas a cualquier tipo de sollicitación se debe utilizar, exclusivamente, la teoría de rotura ya que es el único procedimiento contemplado en las vigentes Normas Venezolanas COVENIN 1753-06 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”.



El diseño de rotura requiere que las cargas de trabajo utilizadas sean transformadas en cargas últimas o mayoradas, utilizando para este fin factores de mayoración y las combinaciones de cargas más desfavorable para el diseño. Estas son algunas de las combinaciones:

- $U = 1.4CP + 1.7CV$
- $U = 0.75(1.4CP + 1.7CV) + 1.0S$
- $U = 0.9CP + 1.0S$
- $U = 0.75(1.4CP + 1.7CV + 1.7W)$
- $U = 0.9CP + 1.3W$

donde: U: *Carga Mayorada*  
CP: *Carga Permanente*  
CV: *Carga Variable*  
S: *Carga por Sismo*  
W: *Carga por Viento*

**Tabla N° 1. Factores de minoración de Resistencia**

TIPO DE SOLICITACIÓN	$\Phi$
Flexión	0,90
Corte y Torsión	0,85
Aplastamiento del concreto	0,70
Tracción (Flexión concreto simple, ACI Art. 9.3.2f)	0,65

Fuente: Fundaciones Superficiales. Edgar Febres



## 2.4. CONSIDERACIONES TEÓRICAS DEL PROGRAMA.

La tecnología y la comunicación actualmente, han sufrido un desarrollo extraordinario, abriendo puertas y facilitando el trabajo del hombre, por ello en el ámbito de la ingeniería se puede encontrar una serie extensa de software que constituye una herramienta para el diseño, facilitando así la labor del ingeniero.

Estos programas están basados por lo general en ecuaciones teóricas y/o semi-empíricas desarrolladas, que la mayoría de los casos son muy tediosos de realizarlas de forma manual, por ello estos software son usados, para agilizar la solución a un problema y proporcionar cierto nivel de detalle.

### **Software Microsoft Excel**

EXCEL es una hoja electrónica de uso general, que se utiliza para organizar, calcular y analizar datos. Nos permite construir planillas, cuadros estadísticos, gráficas, etc. Posee varias características que facilitan el manejo y el alcance del mismo. Abarca diferentes barras de herramientas para cada tipo de función que se requiera.

Esta hoja de cálculo contiene las siguientes generalidades:

- Presentar los datos de forma estética: puedes ponerles varios tipos de bordes, usar varios tipos de letra...
- Puede utilizar hojas para almacenar datos numéricos
- Utilizar las órdenes y herramientas de Microsoft Excel para ejecutar cálculos con sus datos.
- Puede en Excel sumar filas y columnas.
- La utilización de las casillas de Excel para realizar evaluaciones de una misma función con diferentes valores, es una de las características principales de esta herramienta



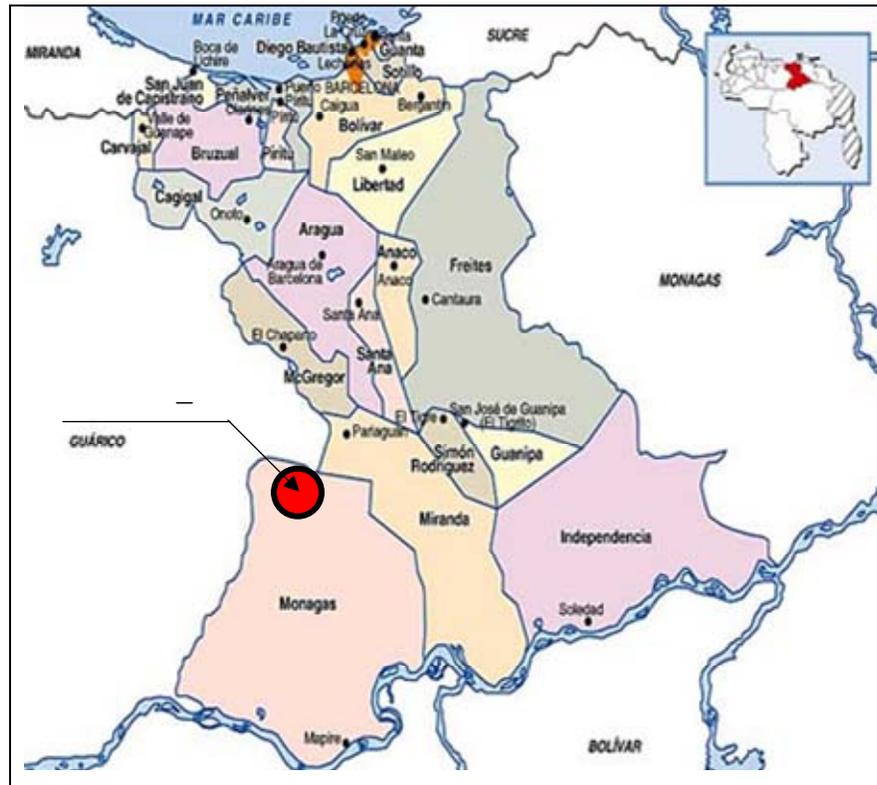
### **Software Microsoft Visio**

Microsoft Visio es un software de dibujo vectorial para Microsoft Windows. Visio comenzó a formar parte de los productos de Microsoft cuando fue adquirida la compañía Visio en el año 2000. Las herramientas que lo componen permiten realizar diagramas de oficinas, diagramas de bases de datos, diagramas de flujo de programas, UML, y más, que permiten iniciar al usuario en los lenguajes de programación.

Aunque originalmente apuntaba a ser una aplicación para dibujo técnico para el campo de Ingeniería y Arquitectura; con añadidos para desarrollar diagramas de negocios, su adquisición por Microsoft implicó drásticos cambios de directrices de tal forma que a partir de la versión de Visio para Microsoft Office 2003 el desarrollo de diagramas para negocios pasó de añadido a ser el núcleo central de negocio, minimizando las funciones para desarrollo de planos de Ingeniería y Arquitectura que se habían mantenido como principales.

### **2.5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESTACIÓN DE FLUJO JNEF-01.**

Para efectos de referencia y desarrollo de la Ingeniería Básica y de Detalles del proyecto “Construcción de la Estación de Flujo JNEF-01 en el Área U.P. San Cristóbal”, tendrá las siguientes coordenadas, en el cual tuvo desarrollo el presente trabajo. <sup>[12]</sup>



**Figura N° 3. Municipios del Estado Anzoátegui**

**2.6. ESTACIÓN DE FLUJO JNEF-01.**

La Estación de Flujo JNEF-01 forma parte del Campo San Cristóbal, ubicada en el Municipio José Tadeo Monagas, Estado Anzoátegui, hacia el Sur del Estado. Las coordenadas UTM de la estación son especificadas en la Tabla N° 3.

**Tabla N° 3. “Coordenadas Geográficas (Zona 20 en UTM)”**

SITIO	COORDENADAS		ELEVACIÓN (SNMM)
	NORTE	ESTE	
ÁREA DE IMPLANTACIÓN JNEF-01	959.550	299.700	217
ESTACIÓN ZAMURITO 2	959.355	299.908	215

**Fuente:** Levantamiento realizado GPS marca GARMIN



La Estación de Flujo JNEF-01 será construida con la finalidad de manejar la producción de crudo del Campo San Cristóbal, la cual está asociada a las Macollas M1 y M2 con una producción de  $0.0423 \text{ m}^3/\text{s}$  (23 MBD) y  $16^\circ$  API, luego es bombeada hacia la Estación de Descarga Budare-2 (BUED-2) por un oleoducto de  $16'' \times 33 \text{ km}$ , donde se mezcla con la producción de las estaciones de Flujo Budare-1 (BUEF-1) y Elías-15 (EEF-15), la mezcla luego es enviada a la Estación de Descarga Elías-6 (EED-6) para su posterior bombeo por el Lateral Sur Agua hasta el Centro de Almacenamiento y Transporte de Crudo San Tomé (CATCSTM).

En la actualidad existen instalaciones provisionales, las mismas fueron construidas como parte de una alternativa a corto plazo, estas se encuentran en funcionamiento para controlar la producción y el cambio de filosofía de crudo del campo San Cristóbal. La misma comprende: Instalación de facilidades Temporales para la Separación, Almacenamiento y Bombeo en la Macolla 2, Zamurito I área San Cristóbal (Obra aprobada por la Inspectoría Regional de Puerto La Cruz). Esta obra presenta como alcance principal la instalación de dos (2) separadores de producción de  $0.0276 \text{ m}^3/\text{s}$  (15 MBD) cada uno, un (1) separador de prueba de  $0.0064 \text{ m}^3/\text{s}$  (3,5 MBD), ocho (8) tanques cilíndricos de almacenamiento de  $79,50 \text{ m}^3$  (500 BLS) cada uno, y cinco (5) bombas de transferencia de crudo de  $0.0123 \text{ m}^3/\text{s}$  (6,7 MBD) cada una.

Como alternativa a mediano plazo, bajo un escenario de mayor confiabilidad se planteó la Construcción de la Estación de Flujo JNEF-01. Abarcando como alcance principal la instalación de facilidades de separación, almacenamiento y bombeo para  $0.0736 \text{ m}^3/\text{s}$  (40 MBD) en un área geográfica próximo a la Macolla 2.

También la construcción de Facilidades para manejo del Gas en el área de la Unidad de Producción San Cristóbal contemplando la instalación de facilidades de compresión específicamente tres motocompresores de 5 MMPCND cada uno en un área anexa a la Estación de Flujo JNEF-01, igualmente se considera la construcción de un



sistema de transmisión de gas que va desde la Macolla 2 a la PC Budare en donde el gas será entregado para generación de electricidad.

Y por último, pero no menos importante se tendrá Instalación de Unidades de Deshidratación: la obra contempla la instalación de equipos de deshidratación, tratamiento y disposición del agua salada en el campo Norte Zuata específicamente en la estación de flujo JNEF-01 y JNEF-02. Cabe destacar que dichas instalaciones estarán operativas hasta principios del año 2011, fecha en la cual está planificado el arranque del Centro Operativo San Cristóbal (COSC).<sup>[12]</sup>

## **2.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

La producción de crudo en el campo San Cristóbal, está asociada a las Macollas M1 y M2 con una producción de 23 MBD (16 ° API) la cual es sometida al proceso de separación en separadores ubicados en el área de las Macollas para luego ser bombeada hacia la Estación de Descarga Budare-2 (BUED-2) por un oleoducto de 16" x 33 Km, donde se mezcla con la producción de las estaciones de Flujo Budare-1 (BUEF-1) y Elías-15 (EEF-15), la mezcla luego es enviada a la Estación de Descarga Elías-6 (EED-6) para su posterior bombeo por el Lateral Sur Agua hasta el Centro de Almacenamiento y Transporte de Crudo San Tomé (CATCSTM).

## **2.8. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA.**

La organización de la empresa ORIENTE CONSULTORES, C. A., está conformada por tres tipos de estructuras:

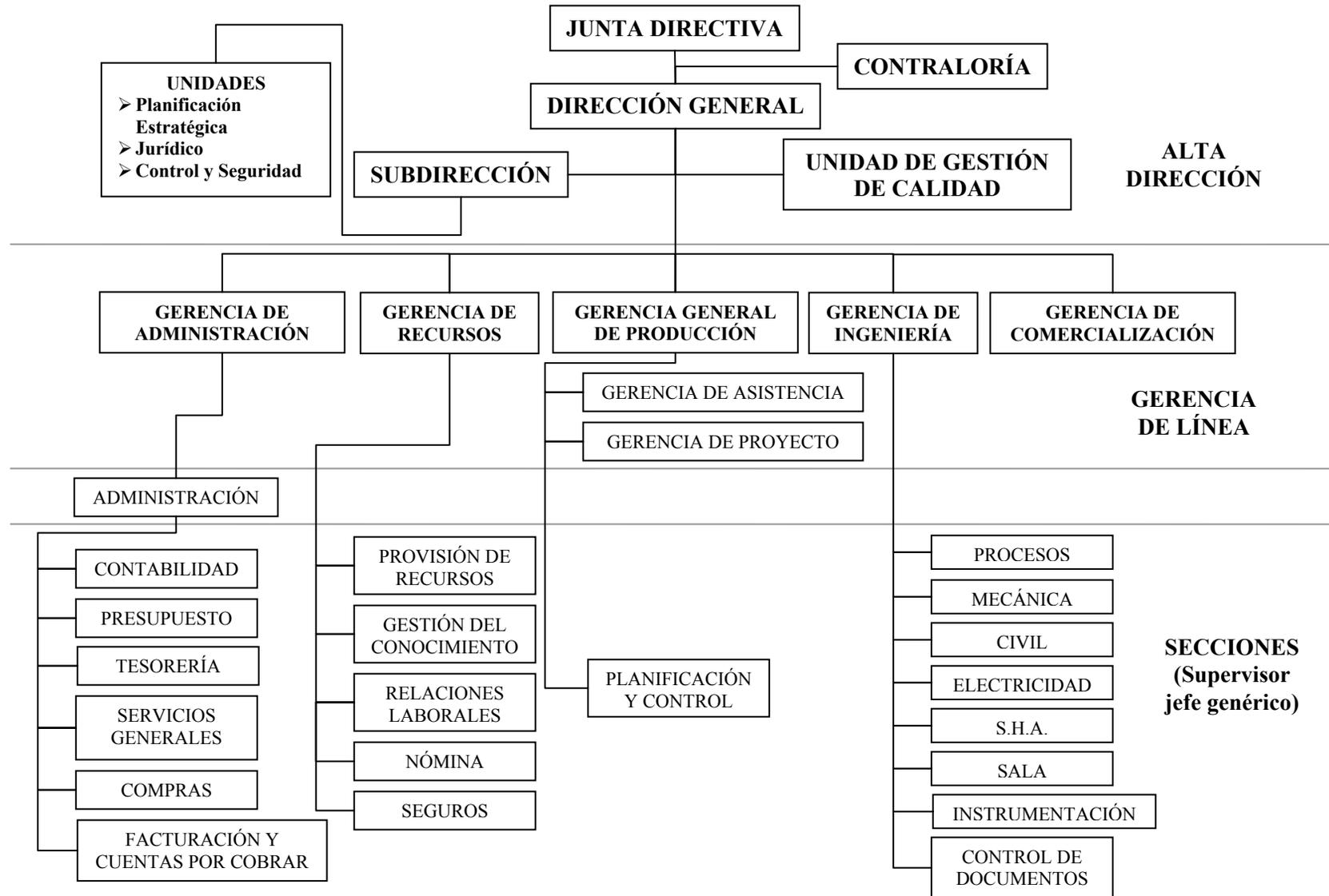
- La línea de alto mando (Alta Gerencia – Dirección Estratégica).
- La línea de medio mando (Gerencia de Línea – Gerencia Táctica).
- La línea de mando ejecutivo (Coordinadores – Unidades Operativas – Estructura Matricial).



Este trabajo de grado se llevó a cabo en la sección de Civil del Departamento de Producción que depende de la Gerencia de Ingeniería, concebida en la Gerencia de Línea. La Gerencia de Ingeniería es responsable, a través de su equipo multidisciplinario de ingenierías, de dar apoyo al reclutamiento y selección del recurso humano para prestar una ayuda técnica más idónea para llevar a cabo la ejecución de proyectos y servicios de asistencia técnica (SAT).

En el siguiente organigrama se presenta la estructura matricial de la empresa ORICONSULT, C. A., especialmente diseñada para desarrollar los servicios de ingeniería.

# ORGANIGRAMA GENERAL



## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

La metodología que se aplicó para la realización de esta investigación, se basó en los aspectos que se mencionan a continuación:

### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El objetivo de la investigación es elaborar un marco teórico conceptual para formar un grupo de ideas sobre el objeto de estudio, apoyándose en fuentes de carácter documental como la investigación bibliográfica y de información proveniente de entrevistas, cuestionarios, teniendo en consideración el tema seleccionado, se implementó una estrategia de investigación de campo, ya que la misma, se realizó en lugar de los hechos y de tipo documental por comprender recopilación de datos, aplicación de ecuaciones y cálculos de ingeniería, siguiendo las normas, premisas y criterios de diseño ya definidos que permitan llevar al cumplimiento de los objetivos planteados en el alcance de este trabajo de grado.

Según Sabino (2002), *“Los diseños de campo son los que se refieren a los métodos cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad mediante el trabajo del investigador y su equipo”*. (p. 54).

Según Arias (1999). *“Es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”*. (p. 69).

Con el propósito de elegir los instrumentos para la recopilación de información es conveniente referirse a las fuentes de información.

### **3.1.1. Fuentes Primarias.**

Estas fuentes son los documentos que registran o corroboran el conocimiento inmediato de la investigación. En esta investigación se consultaron libros, revistas, informes técnicos, tesis y normas, para lograr su desarrollo.

### **3.1.2. Fuentes Secundarias.**

En este renglón se incluye las enciclopedias, manuales, bibliografías y los índices que fueron estudiados, entre otros; ya que los datos e información que se obtuvieron de estos, integran las fuentes secundarias las cuales se basan en documentos primarios. Apoyando de esta manera el desarrollo del presente trabajo de grado.

Están especialmente diseñadas para facilitar y maximizar el acceso a las fuentes primarias.

## **3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.**

La investigación fue de nivel descriptivo, tipo propuesta, donde busco identificar, definir y proponer los posibles aspectos que estuvieran ocasionando el problema, de la misma forma ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio.

Al respecto Sabino (2002) señala que *“las investigaciones descriptivas utilizan criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto de estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando de ese modo información sistemática y comparable con lo de otras fuentes”*. (p. 43).

El estudio descriptivo, comprendió una descripción, registro e interpretación del problema actual y requirió de la aplicación de técnicas específicas así como de criterios y formatos de recolección de información, entrevistas, documentación y actualización de procedimientos aplicables en la operación normal de las actividades, utilizando el

método de análisis caracterizando el objeto de estudio, señalando sus características y propiedades.

Al igual que la investigación que he descrito anteriormente, puede servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

El área de estudio se realizó en el campo San Cristóbal, en el cual existen instalaciones provisionales de la Estación Macolla 2 (Zamurito I) y donde se instalará la nueva estación de flujo JNEF-01, por lo tanto la población estuvo conformada por esta zona, perteneciente al área operacional de PDVSA, San Tomé. Considerándose la población y la muestra como unidad de análisis.

Según Tamayo y Tamayo (2002): *La población es: Totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada características, y se le denomina población por construir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación.*

### **3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Según Arias (1999). *“Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información”.*

Se utilizarán, las siguientes técnicas de recolección de datos:

#### **3.4.1. Observación Directa.**

Esta técnica permitió visualizar, obtener y detallar información de los diferentes procedimientos, permitiendo una mayor integración con el proceso y de gran

utilidad para la identificación de los riesgos asociados para tenerlos presente a la hora de realizar los diseños y mejorarlos.

Según Tamayo y Tamayo (2000): *La observación directa es una técnica fundamental de la investigación que tiene por finalidad recolectar datos de forma directa y de cumplimiento exacto y puntual de la realidad sistemática y organizada, utilizando diversos instrumentos de registro de lo observado.* (p. 122).

Esta técnica se aplicó para visualizar y detallar las condiciones del terreno y operacionales, tanto la Estación Macolla 2 (Zamurito I) como el área donde se implantará la Estación JNEF-01.

#### **3.4.2. Entrevista no estructurada.**

Esta técnica consiste en recopilar la información necesaria para la solución del problema. Toda la información aportada por el personal con mayor experiencia en cómo operan las estaciones de flujo y los equipos que la conforman, permitió obtener una visión general de las capacidades, funcionamiento y fallas que pueden estar presentes en las mismas.

Según Hernández Sampieri (2003), *“las entrevistas no estructuradas o abiertas se fundamentan en una guía general con temas no específicos y el entrevistador tiene toda la flexibilidad para manejarlas”.* (p. 455).

#### **3.4.3. Documentación.**

Consiste en la revisión de bibliografías, normas, criterios y especificaciones de diseño aplicables a las estaciones de flujo.

Según Hernandez Sampieri (2003), señala:

*“La revisión de la literatura consiste en detectar, obtener y consultar la bibliografía y otros materiales que puedan ser útiles para los propósitos del estudio de donde se debe extraer y recopilar la información relevante y necesaria que atañe a nuestro problema de investigación”.* (p. 65).

Para el desarrollo de la investigación se realizó la revisión de normas, criterios y especificaciones de diseño empleados por la industria petrolera, para diseñar fundaciones por medio del manual, la misma permitió el desarrollo de los objetivos propuestos debido a que se obtiene de manera directa, información importante que conlleva plantear soluciones al problema.

### 3.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS.

#### 3.5.1. Manejo de Paquetes de Computación.

Instrumento que permite el control de la información y actividades para el logro de los objetivos planteados. Se utilizará el siguiente paquete de computación:

- **Software Microsoft Office EXCEL.**

Factores de viento, consideraciones sísmicas, condiciones ambientales, condiciones de terreno. Características de equipos, opciones de normas, criterios y especificaciones, estarán reflejadas o asentadas por medio de cuadros diseñados en una hoja de cálculo que se desarrollará mediante el empleo de un software EXCEL versión 2003.

- **Software Microsoft Visio.**

El Diagrama de flujo se obtuvo por medio de la aplicación del software Microsoft Visio, para la creación de gráficos de gran calidad y de fácil

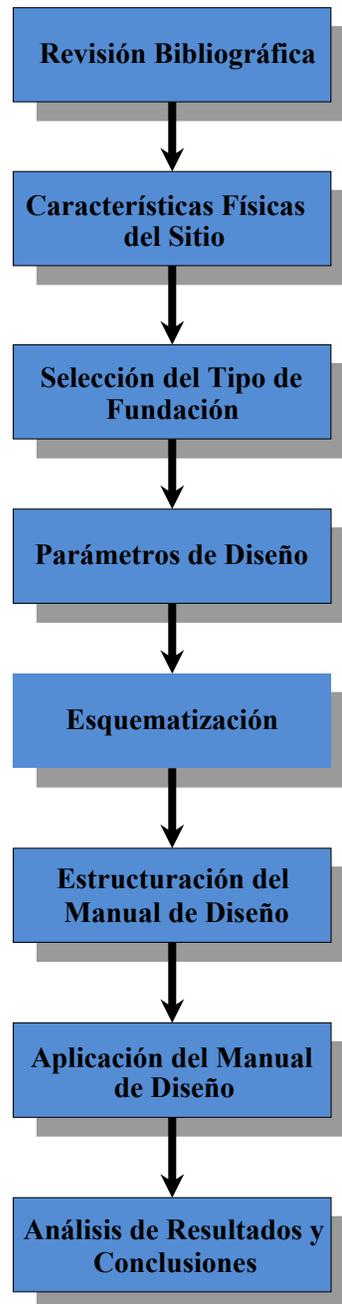
manejo. Dicha herramienta facilitó la elaboración del mismo, así como gráficos de organización, entre otros.

- **Dibujo mediante software CAD.**

La geometría tridimensional y los planos de los componentes del sistema en estudio se realizaron mediante el empleo de un software CAD (Dibujo Asistido por Computadora).

### 3.6. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Para llevar a cabo exitosamente el desarrollo del trabajo de grado, se crearon pasos con el fin de mejorar la manera de trabajo, puntualizados en forma esquemática en la figura 3.1.



**Figura 3.1.** Esquema de Desarrollo del Proyecto.

### **3.7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ZONA.**

La observación directamente en campo es la técnica más efectiva para verificar el estado y las características del sitio, así como también la disposición y condiciones operativas de los diferentes equipos ya existentes en la zona. Con el levantamiento de campo se busca verificar las condiciones exactas del terreno tales como desniveles, perímetro, áreas, etc., que son importantes para el diseño de estructuras. El mismo permitirá evaluar las consideraciones a ser tomadas en cuenta al realizar el cálculo, así como también la mejor opción para la implantación y replanteo de los nuevos equipos.

El levantamiento en campo permitió evaluar la mejor opción para la ubicación de los equipos, observación de infraestructuras existentes, verificación de presencia de zonas anegadizas cercanas, acceso de vialidad a la zona de implantación, etc. Todas estas características fueron tomadas en cuenta, para poder evaluar las condiciones generales a las que estuvieron sometidos los equipos y así se establecieron las premisas que se consideraron de acuerdo al caso, para el diseño de la fundación.

### **3.8. SELECCIÓN DEL TIPO DE FUNDACIÓN.**

Una selección de fundación consiste en un estudio de las opciones viables para ese caso en específico y luego ver las ventajas y desventajas que ofrece cada una de las opciones.

Existen varios aspectos que tomar en cuenta en el momento de la selección de un tipo de fundación. Esta selección se basará en el estudio de los factores más relevantes para el diseño de una fundación, tomando como base las características del suelo y del equipo a instalar, según el resultado del estudio de suelo de la zona y las características de apoyo y operación dado por el fabricante del equipo. Por lo tanto se analizarán los siguientes aspectos para elegir una opción correcta y satisfactoria.

#### **3.8.1. Características del Suelo.**

Consistirá en la revisión del estudio geotécnico para conocer las propiedades del suelo más importantes, las cuales fueron parte fundamental para la selección del

tipo de fundación como lo son la capacidad portante, el peso unitario, modulo de corte, tipos de suelo que se encuentran presente. Tomando en consideración las recomendaciones con respecto al tipo de fundación a diseñar, que el estudio de suelo ofrece.

### **3.8.2. Características del Equipo.**

Conoceremos las características y condiciones del equipo: recipiente horizontal, saber su peso tanto vacío, lleno y en operación, condiciones de apoyo del equipo, su forma de operación, etc. Toda esta información debemos tenerla ya que el comportamiento del mismo, nos definirá en parte a consolidar el tipo de fundación a diseñar. Dicha información se obtuvo de manera documental, por medio de libros, normas, y experiencia e información que aportaron ingenieros.

### **3.8.3. Factores Constructivos.**

De acuerdo a los tipos de fundaciones factibles para el diseño, que se adapten a las condiciones tanto del terreno como del equipo, de existir varias opciones, se analizará cuál de éstas, tendría una técnica de construcción más adecuada a la situación presentada, siendo destacados los factores de tiempo, disponibilidad de materiales y riesgos para su construcción.

### **3.8.4. Factores Económicos.**

Igual que en el aspecto anterior, de existir varias opciones viables y adaptables al diseño, se estudiará el costo de inversión que esta acarrea para su construcción y de esta manera elegir la más adecuada, pudiendo ser estas de bajo costo o elevado, por medio de los cálculos métricos de las fundaciones

De esta manera, y con la colaboración de personas con experiencia en el ámbito de diseño de fundaciones, poder tener una opción acondicionada para el proyecto y apoyada en variables relevantes para la misma, que cumpla con las exigencias que establecen las normas de la industria petrolera.

### 3.9. PARÁMETROS DE DISEÑO.

#### 3.9.1. Condiciones Ambientales y Meteorológicas en la Estación.

Estas condiciones deben tomarse en cuenta, ya que son importantes porque condicionan parcialmente el comportamiento del equipo. Las condiciones ambientales correspondientes a la Estación JNEF-01 se indican a continuación en la Tabla N° 3.1, perteneciente a los llanos Orientales de Venezuela, al Suroeste del estado Anzoátegui.

**Tabla 3.1.** Condiciones Ambientales de la Estación JNEF-01

PARÁMETRO	VALOR
Temperatura Ambiente (°F)	Máxima: 102
	Mínima: 69
	Promedio: 80
Humedad Relativa (%)	Máxima: 80
	Mínima: 23
	Promedio: 71
Velocidad del viento (km/h)	Máxima: 125
	Promedio: 22
Dirección prevaleciente del Viento	Sur-Oeste
Altitud sobre el nivel del Mar	Msnm 215
Zona Sísmica	3

#### 3.9.2. Condiciones del Suelo en la Estación.

Las condiciones del suelo deben ser tomadas ya que estas definen el diseño de la fundación, en cuanto a dimensiones se refiere. Las mismas, correspondientes a la Estación JNEF-01 se indican a continuación en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Condiciones del Suelo de la Estación JNEF-01

PARÁMETRO	VALOR
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1.855
Ángulo de Fricción (grados)	28°
% de Humedad (%)	4,50
Resistencia del suelo (kg/cm <sup>2</sup> )	1,20
Coefficiente de Balastro (kg/cm <sup>3</sup> )	2,40

### 3.9.3. Condiciones del Equipo.

Al igual que las condiciones del suelo, estas características son de suma importancia, porque limitan el diseño de la fundación, de acuerdo a las condiciones de fabricación y operación del equipo. Las condiciones del equipo correspondiente a la Estación JNEF-01 se indican seguidamente:

#### ➤ Recipiente a Presión

Tag	Equipo	Tipo	Diámetro (m)	Longitud (m)
122-V-2502	Sistema de Alivio y Venteo (KOD)	Horizontal	1,83	4,57

#### **Peso del recipiente:**

- Peso vacío: 4.714 lb. = 2.121 kg
- Peso lleno de líquido: 34.349 lb. = 15.457 kg
- Peso en operación: 24.354 lb. = 10.959 kg

#### **3.9.4. Condiciones de Diseño.**

- El concreto a utilizar para las fundaciones será de una resistencia a los 28 días de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .
- El acero de refuerzo, tendrá como esfuerzo de fluencia  $f_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$ .
- Las fundaciones serán diseñadas tomando como base las características del suelo y del equipo a instalar, según el resultado del estudio de suelo de la zona y las características de apoyo y operación dado por el fabricante del equipo.

#### **3.10. ESQUEMATIZACIÓN DE PROCEDIMIENTO.**

Una vez recolectada toda la información inherente al desarrollo de este trabajo de grado, se procedió a representar el procedimiento, en forma de esquema cada paso a seguir para el análisis y diseño de fundaciones, mediante diagramas de flujo, detallada y ordenadamente, de modo que pueda ser fácil de entender, utilizando el software Microsoft Visio como herramienta para su desarrollo, pudiendo de esta manera cumplir con unos de los objetivos de este proyecto.

Dicho procedimiento será plasmado dentro del manual de diseño, el cual marcará la pauta de inicio para que el desarrollo del mismo sea de manera fácil y concreta. Con su ayuda se podrá aplicar progresivamente cada uno de los pasos descritos en el manual. Todo esto aporta beneficio a la realización de este proyecto, al igual que al trabajo del ingeniero, generando resultados satisfactorios, aparte de un buen diseño de fundaciones, especialmente para los equipos como recipientes a presión que se encuentran en la mayoría de las Estaciones de Flujo.

#### **3.11. ESTRUCTURACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTO.**

En esta etapa, luego de haber culminado las anteriores y reunida toda investigación necesaria, referente al desarrollo del proyecto, como diagramas de flujo, bases y criterios

de diseño, características generales del terreno, normas, especificaciones, cuadros, tablas, figuras y toda aquella información ineludible, se hizo la conformación del manual, agrupando todos estos elementos en uno solo.

Todos estos puntos, servirán de apoyo para la elaboración del manual, y contribuirán para que se entienda de forma clara, generando que su uso se haga de manera sencilla y rápida, proporcionando beneficios.

### **3.12. APLICACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTO.**

El manual de procedimiento será aplicado por medio de un ejemplo de cálculo para el diseño de las fundaciones del equipo recipiente horizontal (KOD) de la Estación JNEF-01 y de esta manera poder evaluar su aplicación.

La manera de justificar y comprobar el funcionamiento del manual, es aplicarlo, calculando las fundaciones del equipo seleccionado, para demostrar que es efectivo, tanto para este proyecto como para otros a futuro. Aportando a la empresa beneficio, incrementando la productividad tanto individual como colectiva.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se presenta a continuación los resultados obtenidos del desarrollo de los objetivos de este trabajo de grado, así como también el análisis e interpretación de los mismos.

#### 4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ZONA.

En este punto se busca presentar la información levantada durante la inspección visual al sitio en el cual se construirá la Estación de Flujo JNEF-1, y donde se encuentra ubicada la estación Macolla 2 (Zamurito I). Mediante la verificación del estado del terreno e infraestructuras existentes.

Durante el recorrido de campo, se realizaron las siguientes actividades:

**Tabla N° 4.1. “Listado de Actividades Ejecutadas”**

ACTIVIDAD	OBJETIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Recopilación de información de las instalaciones de la Estación Zamurito I y áreas circundantes.</li><li>• Exploración terrestre del área de implantación de la Estación JNEF-1.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar ubicación de los equipos existentes, condiciones y posible aprovechamiento de las instalaciones.</li><li>• Obtener información de la topografía del terreno, los drenajes, vialidad, vegetación y de las instalaciones de PDVSA.</li></ul>

Durante las actividades del levantamiento en campo se detectaron los siguientes puntos de interés para el desarrollo del proyecto. A continuación se describen los siguientes:

#### 4.1.1. Estación Zamurito I.

A continuación se presenta en la Tabla 4.2 los equipos que conforman la Estación Zamurito I:

**Tabla 4.2.** Equipos de la Estación Zamurito I

Equipos	Cantidad
Válvula Multipuerto (8 puestos)	1
Separador de producción (15 MBD)	2
Separador de prueba (3.5 MBD)	1
Tanques cilíndricos de Almacenamiento (500 BLS)	8
Bombas de Transferencia de crudo	5

**Fuente:** Documento Soporte de Decisión - 2, Ingeniería Conceptual de San Cristóbal, PDVSA – Dtto. San Tomé.

En esta área del recorrido, en la estación se observaron equipos e instalaciones relativamente nuevas, en condiciones satisfactorias para su operación. Cabe destacar que la información que se encontró con respecto a estas instalaciones fue solo de campo, es decir, información netamente visual, no existe documentación referente ni de los equipos y su funcionamiento, como información relativa a la configuración del suelo. Seguidamente en la Tabla 4.3 se resalta los resultados obtenidos en el levantamiento de campo en la Estación Zamurito I:



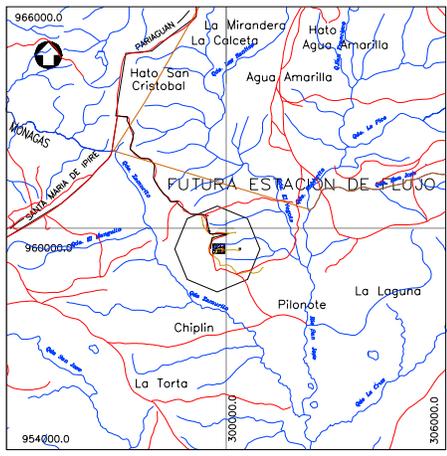
#### 4.1.2. Área de Implantación de la Estación JNEF-01.

De acuerdo al reconocimiento visual del sitio de implantación de la nueva Estación de Flujo Junín-01 (JNEF-01), se pudo obtener lo siguiente:

- Terreno topográficamente irregular, con vegetación medianamente densa, con disponibilidad de área para la implantación del proyecto.
- Disponibilidad de infraestructura existente, tales como carreteras, energía eléctrica, etc.
- Se observó cuerpo de agua adyacente al área de implantación del proyecto.

En la Tabla 4.4 se resumen todas las características observadas en el levantamiento de campo realizado en la zona de implantación de la Estación JNEF-01.

**Tabla N° 4.4. “Área de Implantación”**

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
Proyección: UTM			
Zona: 20			
Datum: La Canoa			
Elevación en metros referenciado sobre el nivel medio del mar			
ÁREA DE IMPLANTACIÓN = 60.160 m <sup>2</sup>			
PUNTO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEV.
CENTRO DEL ÁREA	959.550	299.700	217
			
Ubicación Relativa. S/E			
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA			
TOPOGRAFÍA:	Terreno natural irregular		
TIPO DE VEGETACIÓN:	Media a Densa		
TIPO DE SUELO:	Arcilla arenoso		
CUERPO DE AGUA:	Quebradas		
USO DE TIERRA:	Sin uso		
INFRAESTRUCTURA EXISTENTE:	Carretera granzonada		
OBSERVACIONES:			
			
Foto del Área			
FORTALEZA		DEBILIDADES	
1.-Aprovechamiento de la infraestructura existente (vialidad).		1.- Expropiación de terreno.	
2.- Disponibilidad de servicios eléctricos.		2.- Impacto ambiental moderado.	
3.- Instalaciones petroleras cercanas.		3.- Movimiento de tierra moderado.	

En las siguientes fotos se puede observar claramente el área de implantación referido anteriormente y las características que presenta.

**Figura 4.1. “Área de Implantación”**



**Figura 4.2. “Área de Implantación de la Estación JNEF-1”**



Podemos apreciar, que la vegetación que presenta la zona es de mediana a densa, lo que acarrea un impacto ambiental considerable, de la misma manera

notamos que la conformación topográfica es irregular requiriendo de un movimiento de tierra moderado. A la derecha de las fotografías se encuentra ubicada la Estación Zamurito I, lo cual es provechoso, ya que se pueden utilizar ciertas infraestructuras, como las instalaciones eléctricas para abastecer la nueva Estación de Flujo JNEF-01.

#### 4.1.3. Estudio Geotécnico de la zona.

El informe de estudio de suelo suministrado por PDVSA, el cual fue ejecutado por la empresa INSUVIAL, C.A., posee información importante para el diseño de los elementos estructurales que conforman las obras civiles del proyecto.

El área investigada presenta el siguiente perfil litológico:

**Tabla 4.5.** Perfil Litológico

Material	Profundidad / espesor (m)
Arena fina con arcilla	1,50 - 5,00
Arcilla-limosa con arena fina	1,50 $\geq$ 5,00

De acuerdo a lo reflejado en la Tabla 4.5, cuando los suelos presentan este tipo de perfil, se puede decir que es considerado poco adecuado para la implantación de fundaciones, aunque la arena presenta buena fricción, estas no poseen la suficiente cohesión para resistir cargas mayores, al igual que la arcilla, es expansiva, característica ineludible como para fundar en estos suelos. Por lo tanto se requiere de material de préstamo para que el suelo tenga la resistencia suficiente de soportar las cargas ejercidas por los equipos y transmitidas al suelo por medio de las fundaciones.

A pesar de que el informe contaba con la información suficiente, con respecto a las características del suelo necesarias para el desarrollo del diseño

de fundación, tales como peso unitario del suelo, capacidad portante, ángulo de fricción; se puede nombrar que éste (Estudio Geotécnico) no reflejaba como por ejemplo las características del material de préstamo. Esta es una referencia importante, ya que el material de préstamo tendrá en parte la tarea de resistir, para que las fundaciones no fallen.

## **4.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE FUNDACIÓN.**

La selección de la fundación se basó en el estudio de los factores más relevantes para el diseño de la fundación, tomando como asiento las características del suelo y del equipo a instalar, las cuales influyen fuertemente en esta definición, ya que son consideradas importantes por razones de operación y el buen funcionamiento del equipo con el resto del proceso en la Estación. A continuación se presentan los aspectos para elegir una opción correcta y satisfactoria.

### **4.2.1. Características del Suelo.**

De acuerdo a lo observado y analizado en el estudio de suelo, podemos decir que éste tiene una capacidad portante elevada, para resistir las cargas verticales de los equipos y los agentes externos como viento y sismo. Por lo que no se considera la aplicación de fundaciones profundas, sino superficiales, entre ellas tenemos losa de fundación y zapata aislada. Tomando en cuenta que el estudio geotécnico recomienda la construcción de zapatas aisladas.

Entonces tenemos en estudio dos tipos de fundación que de acuerdo con las normas de la industria petrolera son aceptables, para estos equipos como lo es el recipiente a presión, de acuerdo a las condiciones del mismo.

### **4.2.2. Características del Equipo.**

El recipiente a presión es de tipo horizontal, presentando forma cilíndrica. Su peso es considerable ya que hablamos de 10.000 kg aproximadamente, esto significa que la carga que trasmite al suelo es considerable. Su sistema de apoyo

y montaje es por medio de dos asientos que se encuentran en la parte inferior del equipo, lo que le permite el agarre con la fundación y la estabilidad del mismo. Tomando en cuenta esta última condición, podemos definir que la fundación que más se adapta a las características del equipo es la zapata aislada. Descartando como principales, los otros factores como el económico y de construcción, ya que el equipo requiere de pedestales para su apoyo. Seguidamente se presentan los resultados:

**Tabla 4.6.** Selección de Fundación

<b>LOSA DE FUNDACIÓN</b>	<b>ZAPATA AISLADA</b>
<p>1.- <u>Condiciones del suelo</u>: Permite la construcción de la misma ya que el suelo posee una resistencia elevada.</p> <p>2.- <u>Condiciones del equipo</u>: No cumple con las exigencias del equipo, ya que entre sus características no posee formas de apoyo para los asientos.</p> <p>3.- <u>Factores de Construcción</u>: Es de fácil construcción, ya que el encofrado es sencillo y su excavación poca.</p> <p>4.- <u>Factores Económicos</u>: Es una fundación económica ya que no requiere de tanta cantidad de acero de refuerzo.</p>	<p>1.- <u>Condiciones del suelo</u>: El suelo, de acuerdo al estudio geotécnico tiene una capacidad portante elevada, permitiendo fácilmente la construcción de este tipo de fundación.</p> <p>2.- <u>Condiciones del equipo</u>: Cumple con las exigencias del equipo, ya que una de sus características es tener pedestal, que servirán de fácil apoyo para el equipo.</p> <p>3.- <u>Factores de Construcción</u>: Su construcción es fácil, pero requiere de una excavación profunda.</p> <p>4.- <u>Factores Económicos</u>: De acuerdo al tamaño que se diseñe, podrá ser económica o no, dependiendo del concreto y acero de refuerzo que necesite.</p>

Con estos aspectos definidos, podemos concluir que a pesar de que la zapata aislada requiere de excavaciones más profundas y económicamente es más costosa, es la que mejor se adapta a las condiciones del equipo, por el sistema de apoyo de sus asientos, los cuales estarán anclados a los pedestales diseñados en las medidas requeridas. De esta manera, y con la colaboración de personas con experiencia en el ámbito de diseño de fundaciones, se pudo obtener una opción satisfactoria, que cumpla con las exigencias que establecen las normas petroleras, el equipo y el diseño. La fundación seleccionada es la zapata aislada, por razones antes mencionadas.

Una vez, con esta selección culminada, procedimos a establecer las premisas y criterios de diseño, que nos llevaron al objetivo final de este trabajo de grado.

#### **4.3. PARÁMETROS DE DISEÑO.**

Para el diseño de la fundación del equipo, que servirán de base y soporte a los equipos que se implantarán en la Estación de Flujo JNEF-1, perteneciente a PDVSA Distrito San Tomé, se establecieron las siguientes normas, criterios y especificaciones de diseño:

##### **4.3.1. Normas, Criterios y Especificaciones para el diseño de Fundaciones para Recipiente Horizontal.**

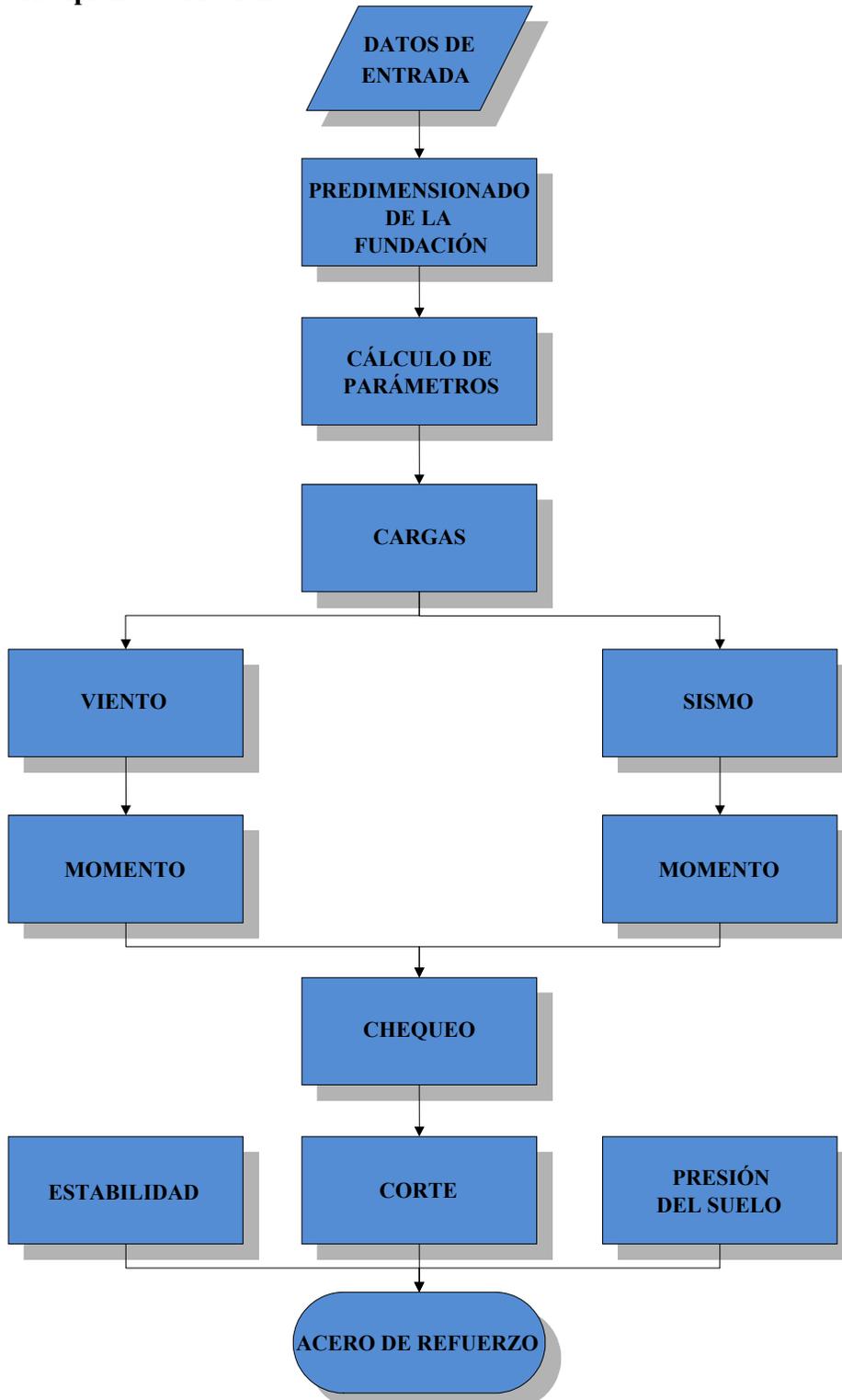
En el estudio de las condiciones a las cuales estará sometida la fundación para recipiente horizontal de la Estación de Flujo JUNIN-1 (JNEF-1), se establecieron las siguientes normas, criterios y especificaciones descritos a continuación:

- La presión del viento horizontal se multiplicará por un factor de incremento, con el fin de considerar el efecto de las partes sobresalientes como tuberías, bocas de visita, etc.

- Los pernos deben chequearse por la fuerza cortante, que se produce en la base del asiento del equipo.
- La velocidad básica del viento será tomada de acuerdo a la norma COVENIN 2003-89.
- Los parámetros sísmicos fueron tomados de las normas PDVSA N° JA-221 y COVENIN 1756-2001.
- Características del suelo de acuerdo a Estudio Geotécnico.
- El método de diseño utilizado fue el método de los Estados Límites.
- Se tomó un factor de seguridad mínimo para el montaje del equipo de 1,50.
- Se considero un apoyo fijo y el otro móvil por estar sujeto a expansión térmica.
- Los datos referentes al recipiente horizontal, tales como peso vacío, de operación y de prueba, serán suministrados por la disciplina mecánica.
- Las dimensiones del pedestal serán las del asiento del recipiente más 0,10 m y su espesor mínimo de 0,20 m.
- Las zapatas tendrán forma rectangular o cuadrada y serán directas y aisladas.
- Se considera que la zapata tenga un espesor mínimo de 0,30 m.

#### 4.4. ESQUEMATIZACIÓN DE PROCEDIMIENTO.

✓ **Recipiente a Presión.**



## 4.5. ESTRUCTURACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTO.

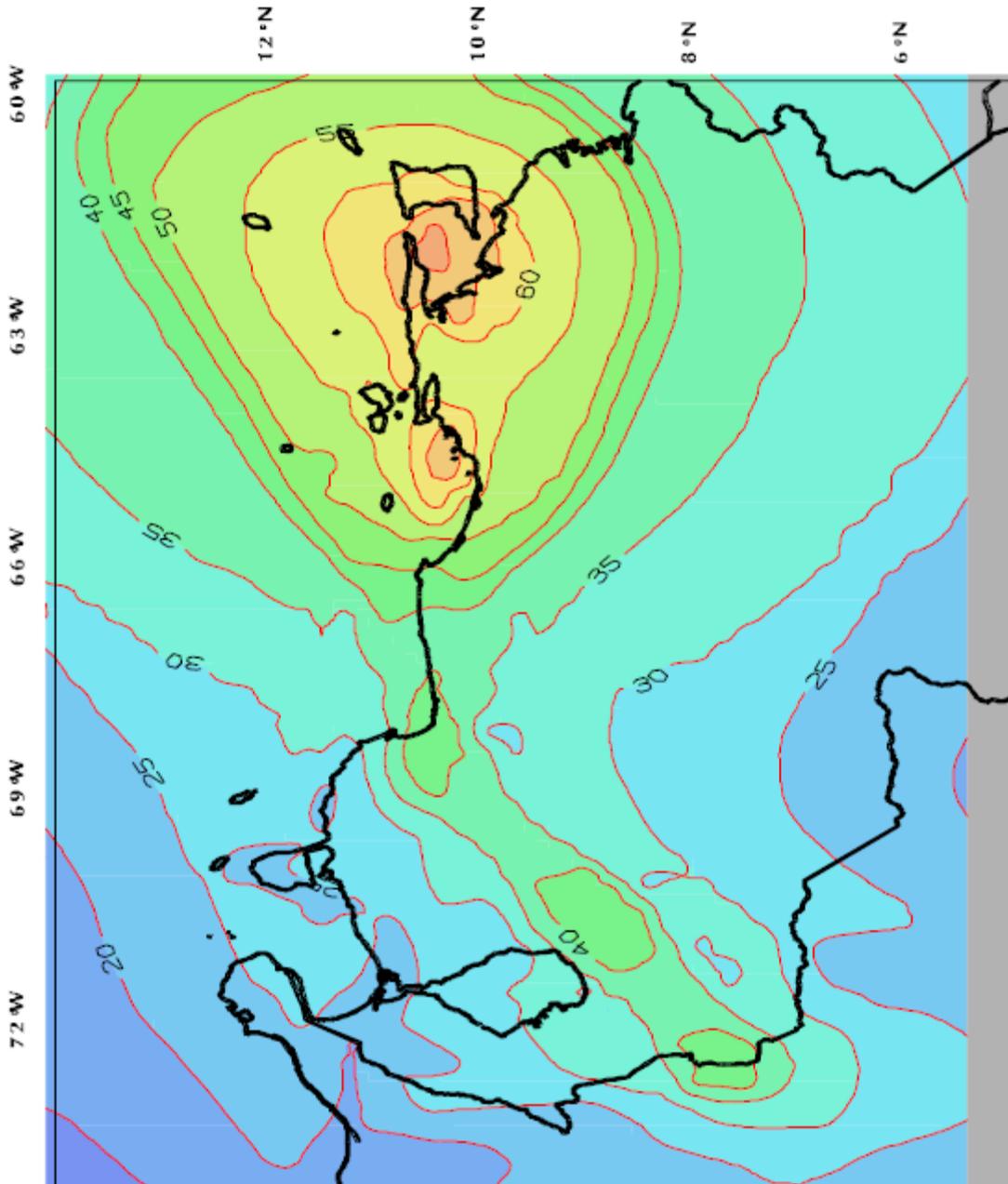
### 4.5.1. Datos para el Diseño.

A continuación se muestran los elementos de entrada que se deben tener antes de realizar un diseño de fundación para un recipiente a presión horizontal:

- $R_s$ : Esfuerzo admisible del suelo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). (Estudio de Suelo de la zona).
- $PU(s)$ : Peso unitario del suelo ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ). (Estudio de Suelo de la zona).
- Velocidad básica del viento.
- $PU_{(C)}$ : Peso Unitario del Concreto ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ).
- $F'c$ : Resistencia del Concreto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- $F_y$ : Esfuerzo a la cedencia del Acero ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
  
- $W_{VACIO}$ : Peso vacío del recipiente (kg).
- $W_{OPERACIÓN}$ : Peso de operación (kg).
- $W_H$ : Peso Prueba Hidrostática (kg).
  
- $\emptyset$ : Diámetro del recipiente (m). (Suministro de Disciplina Mecánica).
- $L$ : Longitud del recipiente (m). (Suministro de Disciplina Mecánica).
  
- $a^*$ : Valor de Mapa Amenaza Sísmica (Figura N° 4.1).
- $\gamma$ : Valor de Mapa Amenaza Sísmica (Figura N° 4.2).
- Vida útil del equipo (años). (Suministro de Disciplina Mecánica).
- Grado de riesgo (Tabla N° 4.7).
- $p_1$ : Probabilidad de excedencia anual (Tabla N° 4.7).
- Forma Espectral (Estudio de Suelo de la zona).
- Factor de corrección de aceleramiento horizontal (Tabla N° 4.8).

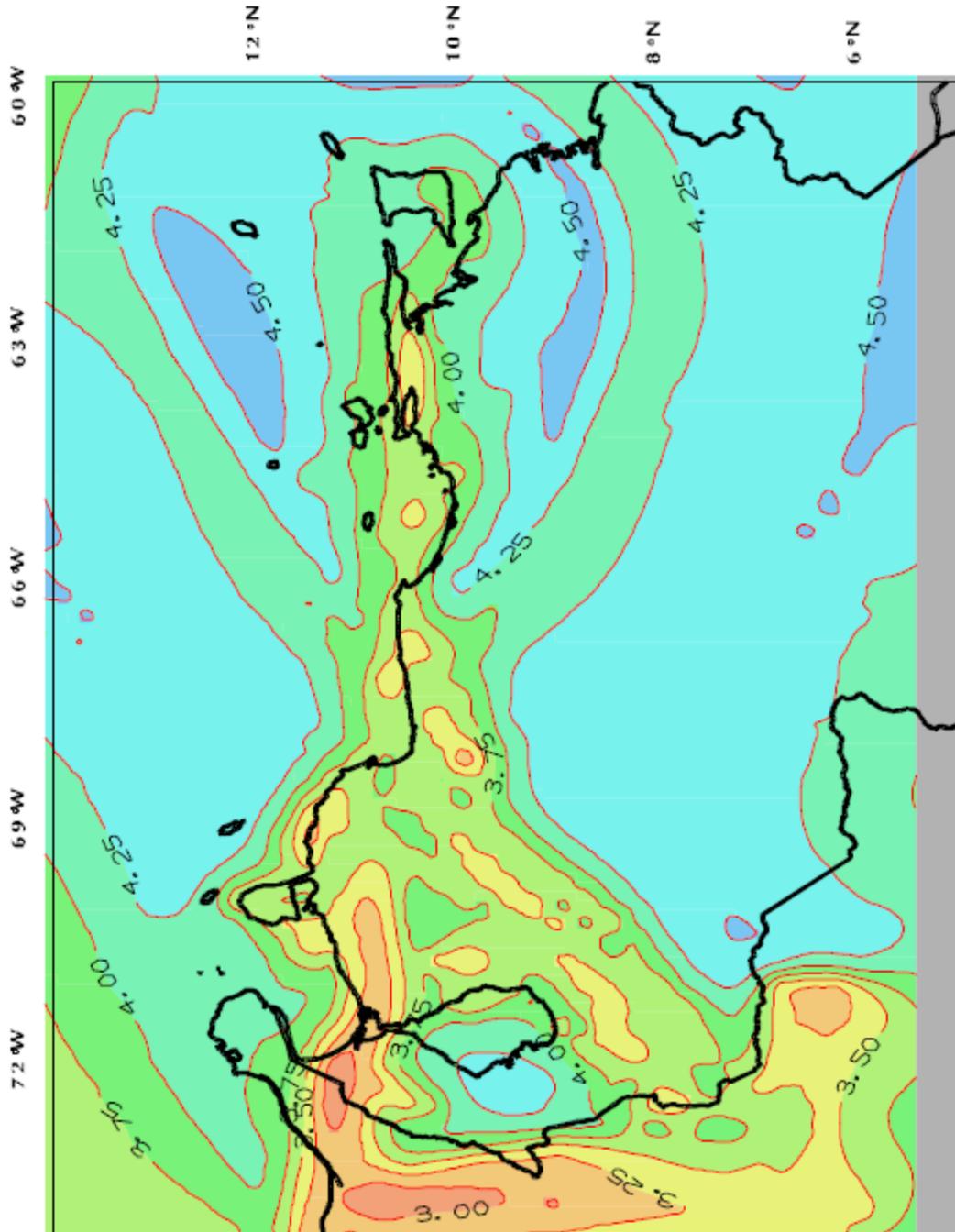
Una vez reunida toda la información demandada que indican los elementos de entrada, se procedió al desarrollo de la fundación.

**Figura N° 4.1.** Mapa Amenaza Sísmica, valores de  $a^*$ .



FUENTE: Norma PDVSA N° JA-221.

**Figura N° 4.2.** Mapa Amenaza Sísmica, valores de  $\gamma$ .



FUENTE: Norma PDVSA N° JA-221

**Tabla N° 4.7.** Clasificación de Riesgos.

Grado de Riesgo	CONDICIONES				p1 (10 <sup>-3</sup> )
	Número de personas expuestas	Pérdidas económicas		Impacto Ambiental	
		Materiales	Lucro Cesante		
<b>A</b>	Pocas (<10)	Limitado a la instalación	Despreciable	Poco o Nulo	≤ 2
<b>B</b>	Importante (11 a 100)	La instalación y alguna vecina	Significativo. Entre 1 y 50 MMUS\$	Recuperación ≤ 3 años	≤ 1
<b>C</b>	Elevado número de personas (100 a 500)	La instalación y numerosas vecinas	Entre 50 y 250 MMUS\$	Recuperación 3 a 10 años	≤ 0,5
<b>D</b>	> 500 personas	De naturaleza catastrófica	> 250 MMUS\$	Irreversible	≤ 0,1

FUENTE: Norma PDVSA N° JA-221.

**Tabla N° 4.8.** Forma Espectral y Factor  $\phi$ .

Material	V <sub>sp</sub> (m/s)	H (m)	Forma Espectral	$\phi$
Roca sana /fracturada	> 700	Cualquiera	S1	0.85
Roca blanda o moderadamente meteorizada	> 400	≤ 50	S1	0.90
		> 50	S2	0.95
Suelos muy duros o muy densos	> 400	< 30	S1	0.90
		30 - 50	S2	0.95
		> 50	S3	1.00
Suelos duros o densos	250 - 400	< 15	S1	0.90
		15 - 50	S2	0.95
		50 - 70	S3 (b)	1.00
		> 70	S4	1.00
Suelos firmes/medio densos	170 - 250	≤ 50	S2 (c)	1.00
		> 50	S3 (b)	1.00
Suelos blandos/sueltos	< 170	≤ 15	S2 (c)	1.00
		> 15	S3 (b)	1.00
Estratos blandos intercalados con otros suelos más rígidos (a)	< 170	< H1	S2	1.00
		> H1	S3	0.90

(a) El espesor de los estratos debe ser mayor que 0,1 H

(b) Si  $A_o \leq 0,15$ , úsese S4

(c) Si  $A_o \leq 0,15$ , úsese S3

FUENTE: Norma PDVSA N° JA-221.

#### 4.5.2. Predimensionamiento de la Fundación.

Esta sección define las dimensiones provisionales de las fundaciones del equipo. Comenzamos dando valores a cada uno de los lados de la fundación, para luego chequear mas adelante si esas medidas cumplen. De acuerdo a los criterios mencionados en el punto 4.3.1. las dimensiones de la zapata deben ser dadas de manera que estas sean cuadradas.

#### 4.5.2.1. Dimensiones de la Fundación.

✓ **Zapata y Pedestal:**

Ancho (m).

Largo (m).

Alto (m).

$$Pr esión = \frac{P(c arg a)}{A(área)} \quad (Ec. 4.1)$$

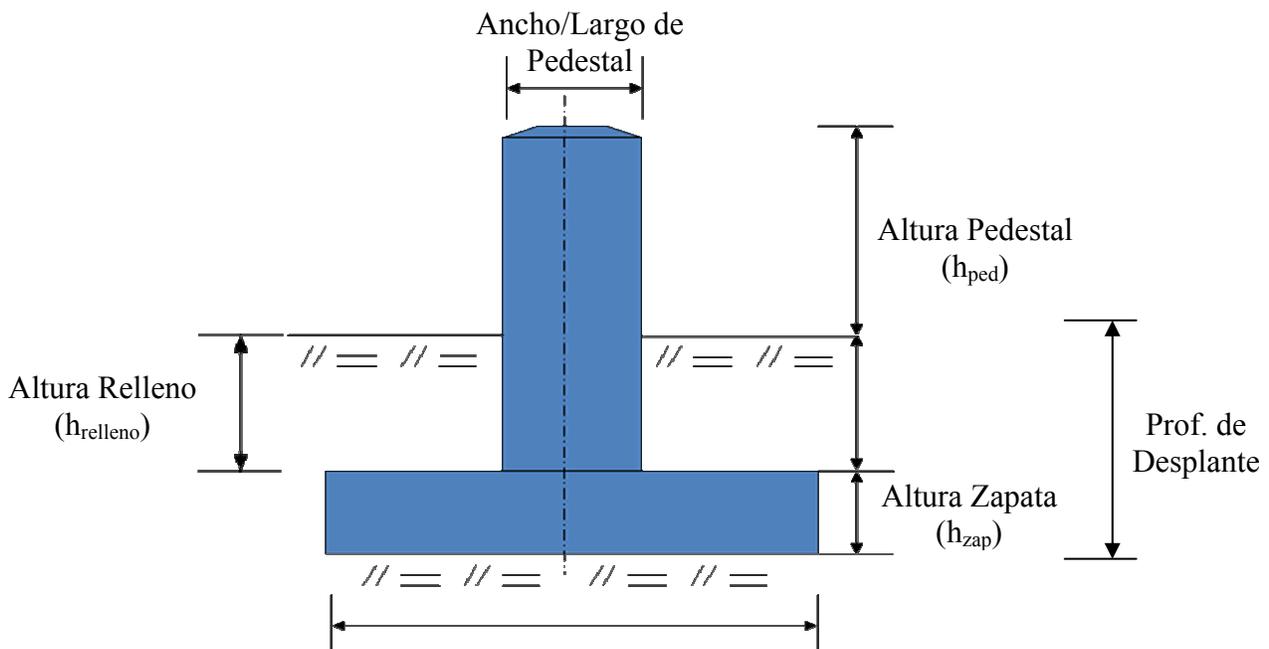
Despejamos  $A$  (área) y obtenemos las dimensiones de la zapata cuadrada o rectangular:

$$\sqrt{A} = \sqrt{\frac{P(c arg a)}{Pr esión}}$$

$$A = \frac{P(c arg a)}{Pr esión}$$

$$A = Ancho = Largo \cdot \sqrt{\frac{P(c arg a)}{Pr esión}}$$

**Figura N° 4.3.** Fundación de Equipo.



Ancho/Largo de

#### 4.5.2.2. <sup>Zapata</sup> Peso de la Fundación ( $W_{fud}$ ).

Para el cálculo del peso de la fundación empleamos las siguientes fórmulas:

✓ **Peso Zapata.**

$$W_{zap} = ancho * largo * alto * PU_{(C)} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

✓ **Peso Pedestal.**

$$W_{ped} = ancho * largo * alto * PU_{(C)} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

✓ **Peso del Relleno.**

$$W_{relleno} = ((ancho_{zap} * largo_{zap}) - (ancho_{ped} * largo_{ped})) * h_{relleno} * PU_{(S)} \quad (\text{Ec. 4.4})$$

$$W_{fud} = \sum W_{zap} + W_{ped} + W_{relleno} \quad (\text{Ec. 4.5})$$

#### 4.5.3. Cálculo de Parámetros.

##### 4.5.3.1. Cálculo Carga por Sismo.

- Probabilidad de no excedencia.

$$P = (1 - pl)^t \quad (\text{Ec. 4.6})$$

- Aceleración Máxima del terreno.

$$a = a * ((-\ln(1 - pl)))^{-(1/\gamma)} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

$$A_o = \frac{a}{981} \quad (\text{Ec. 4.8})$$

- Coeficiente de Amortiguamiento ( $\xi$ ).

De acuerdo al tipo de estructura que se va a diseñar se elige el coeficiente de la siguiente tabla.

**Tabla N° 4.9.** Factor de amortiguamiento.

<b>TIPO DE ESTRUCTURA</b>	<b>AMORTIGUAMIENTO (%)</b>
Acero soldado	3
Acero empernado	5
Concreto reforzado	5
Tanques metálicos	Según especificación FJ-251

- Factor de ductilidad (D).

Según tabla N° 4.10, también de acuerdo al tipo de estructura.

**Tabla N°4.10.** Factores de Ductilidad.

<b>TIPO DE ESTRUCTURA</b>	<b>D</b>	<b>COMENTARIOS</b>
Recipiente vertical (falda metálica y pernos de conexión con la fundación)	2	La eventual falla de la falda, así como en los pernos de conexión, es dúctil. Se suministra suficiente longitud de deformación a los pernos mediante soportes expuestos ("silla para pernos").
Recipiente vertical (falda metálica y pernos de conexión con la fundación)	2	Falla dúctil en los pernos de conexión con la fundación. Se debe evitar la falla frágil (pandeo elástico) prematura de la falda. Se suministra suficiente longitud de deformación a los pernos mediante soportes expuestos ("silla para pernos").
Recipiente vertical (falda metálica y pernos de conexión con la fundación)	1	Falla no dúctil del sistema, en la falda y/o pernos. No se recomienda esta situación
Recipiente horizontal (sobre pórticos de momento de alta hiperestaticidad)	6	El mecanismo de falla del pórtico debe ser dúctil, bajo el concepto de columna fuerte viga débil. No se produce falla frágil y/o prematura en la conexión entre el recipiente y el pórtico.
Recipiente horizontal (sobre pórticos de momento de baja hiperestaticidad)	4	El mecanismo de falla del pórtico debe ser dúctil, bajo el concepto de columna fuerte viga débil. No se produce falla frágil y/o prematura en la

		conexión entre el recipiente y el pórtico.
Recipiente horizontal (sobre monocolumnas)	1.5	Falla dúctil de la columna
Recipiente horizontal (sobre pórticos arriostrado)	4	Falla dúctil del sistema
Recipiente horizontal (sobre muros)	1.5	En el plano de los muros
	2	En el plano perpendicular a los muros
Recipiente horizontal (monocolumnas arriostradas con diagonales)	1.5	En el plano no arriostrado. Falla dúctil de la columna
	3	En el plano arriostrado. Cede primero el sistema de arriostramiento en forma dúctil

- Espectro de Diseño.

Para definir el espectro de diseño, lo cual nos indica como se comportará la estructura al ser sometida a movimientos sísmicos y si resiste. Debemos obtener los valores por medio de la tabla 4.11, según el tipo de forma espectral presente el suelo.

**Tabla N° 4.11.** Valores que definen Forma Espectral.

Forma Espectral	$\beta$	T° (s)	T* (s)
S1	2.4	0.1	0.4
S2	2.6	0.2	0.8
S3	2.8	0.3	1.2
S4	3.0	0.4	1.6

Luego de tener dichos valores se procede al cálculo del factor de ampliación espectral ( $\beta^*$ ), por medio de la Ec. 4.8.

$$\beta^* = \beta * (0,0853 - 0.739 \ln \xi) \quad (\text{Ec. 4.9})$$

$$T^+ = T^* \left[ \sqrt{(2D-1)} / D \right]^{\frac{1}{p}} \quad (\text{Ec. 4.10})$$

Expresiones que definen el Espectro de Diseño:

$$T < T^+ \Rightarrow Ad_1 = \frac{\varphi A_o \left[ 1 + \frac{T}{T^+} (\beta^* - 1) \right]}{\left[ 1 + \left( \frac{T}{T^+} \right)^c (D^* - 1) \right]} \quad (\text{Ec. 4.11})$$

$$T^+ \leq T \leq T^* \Rightarrow Ad_2 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D} \quad (\text{Ec. 4.12})$$

$$T^* \leq T \leq 3 \Rightarrow Ad_3 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D} \left[ \frac{T^*}{T} \right]^{0.80} \quad (\text{Ec. 4.13})$$

$$T > 3 \Rightarrow Ad_4 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D} \left( \frac{T^*}{3} \right)^{0.8} \left( \frac{3}{T} \right)^{2.1} \quad (\text{Ec. 4.14})$$

Donde:

Ad = Aceleración espectral dividida por la aceleración de gravedad (g).

T = Periodo de la estructura, en segundos.

Ao = Coeficiente de la Aceleración Horizontal máxima del terreno.

B\*, To, T\* = Parámetros que definen el espectro de respuesta elástica

T<sup>+</sup> = Periodo característico del espectro inelástico, dado en la Tabla 4.12.

D = Factor de Ductilidad, dado en la Tabla 4.10.

$$c = 4\sqrt{D/\beta^*} \quad (\text{Ec. 4.15})$$

**Tabla N° 4.12.** Factores  $T^+$  (segundos).

$D < 5$	$0,1 (D-1)$
$D \geq 5$	0.4
Se debe cumplir $T^o \leq T \leq T^*$	

- Cargas de Sismo.

$$V_o = A_d * W_{fund} \quad (\text{Ec. 4.16})$$

- Distribución Vertical de Fuerzas Laterales.

$$F_r = V_o * \frac{(W_{ope} * H_{cg_{recp}})}{(W_{ope} * H_{cg_{recp}}) + (W_{ped} * H_{cg_{ped}})} \quad (\text{Ec. 4.17})$$

$$F_m = V_o * \frac{(W_{ped} * H_{cg_{ped}})}{(W_{ope} * H_{cg_{recp}}) + (W_{ped} * H_{cg_{ped}})} \quad (\text{Ec. 4.18})$$

- Solicitaciones en la Base de la Zapata.

Sismo Horizontal (X)

$$Corte = F_m + F_r/2 \quad (\text{Ec. 4.19})$$

$$Momento = F_m * (H_{cg_{ped}} + h_{zap}) + Corte * (h_{ped} + h_{zap}) \quad (\text{Ec. 4.20})$$

$$F_{axial} = \frac{F_r * H_{recp}}{Dist.soportes} \quad (\text{Ec. 4.21})$$

### Sismo Horizontal (Y)

$$Corte = Fr/2 + Fm \quad (Ec. 4.22)$$

$$Momento = Fm * (Hcg_{ped} + h_{zap}) + Corte * (h_{ped} + h_{zap}) \quad (Ec. 4.23)$$

$$F_{axial} = \frac{Fr * \phi / 2}{Dist.soportes} \quad (Ec. 4.24)$$

### Sismo Vertical

$$F_{axial} = 1,3 A_o * W_{fund} / 2 \quad (Ec. 4.25)$$

- Solicitaciones Sísmicas de Diseño en la Base.

Estas sollicitaciones se obtienen mediante combinaciones de carga, las cuales se describen a continuación:

$$1,00Sx + 0,30Sy + 0,30Sz \quad (Ec. 4.26)$$

$$1,00Sx + 0,30Sy - 0,30Sz \quad (Ec. 4.27)$$

$$0,30Sx + 1,00Sy + 0,30Sz \quad (Ec. 4.28)$$

$$0,30Sx + 1,00Sy - 0,30Sz \quad (Ec. 4.29)$$

$$0,30Sx + 0,30Sy + 1,00Sz \quad (Ec. 4.30)$$

$$0,30Sx + 0,30Sy - 1,00Sz \quad (Ec. 4.31)$$

#### **4.5.3.2. Cálculo Carga de Viento.**

Tomaremos en cuenta la acción horizontal que ejerce el viento sobre el quipo y de que manera afecta esto con respecto a la fundación.

- Presión Dinámica ( $q$ ).

$$q = 0,00485 * Kz * \alpha * V^2 \quad (\text{Ec. 4.32})$$

$$Kz = 2,58 \left( \frac{4,50}{Zg} \right)^{2/\beta} \leq 4,50 \quad (\text{Ec. 4.33})$$

$$Gh = 0,65 + 3,65 \delta h \quad (\text{Ec. 4.34})$$

$$\delta h = \frac{2,35 \sqrt{k}}{\left( \frac{h}{9,0} \right)^{1/\beta}} \quad (\text{Ec. 4.35})$$

$$\dot{Área}_{(Longitudinal)} = L * h \quad (\text{Ec. 4.36})$$

$$\dot{Área}_{(Transversal)} = a * h \quad (\text{Ec. 4.37})$$

Donde:

$Kz$  = Coeficiente de exposición a la presión dinámica del viento evaluado a una altura  $z$  sobre el terreno.

$\alpha$  = Factor de importancia eólica. (Tabla N° 4.13).

$V$  = Velocidad básica del viento (Tabla N° 4.14).

$\beta$  = Factor que se utiliza para el cálculo de  $Kz$ ,  $\delta h$ . (Tabla N° 4.15).

$Zg$  = Altura del gradiente en el perfil de velocidades del viento (Tabla N° 4.15).

$Gh$  = Factor de respuesta a ráfagas.

$\delta h$  = Factor de exposición evaluado a una altura  $h$  sobre el terreno.

$k$  = Coeficiente de arrastre (Tabla 4.16).

$Cf$  = Coeficiente de empuje y succión (Tabla 4.17).

Área = Área de la superficie expuesta.

**Tabla N° 4.13.** Factores Importancia Eólica.

GRUPO	$\alpha$
-------	----------

A	1.15
B	1.00
C	0.90

**Tabla N° 4.14.** Velocidad Básica del viento.

<u>LOCALIDAD</u>	V	<u>LOCALIDAD</u>	V
<b>ANZOATEGUI</b>		<b>LARA</b>	
Barcelona	85	Barquisimeto	100
<b>APURE</b>		<b>MERIDA</b>	
Guasdalito	87	Merida	70
San Fernando	85	<b>MONAGAS</b>	
<b>ARAGUA</b>		Maturín	102
Colonia Tovar	70	<b>NUEVA ESPARTA</b>	
Maracay	72	Porlamar	70
<b>BOLIVAR</b>		<b>PORTUGUESA</b>	
Ciudad Bolívar	77	Acarigua	70
Sta. Elena de Uairén	74	Guanare	70
Tumeremo	80	<b>SUCRE</b>	
<b>CARABOBO</b>		Cumaná	79
Morón	70	Güiria	83
Puerto Cabello	70	<b>TACHIRA</b>	
<b>DISTRITO FEDERAL</b>		Colón	70
Caracas	78	La Grita	70
La Orchila	76	San Antonio	83
Maiquetía	93	<b>TERRITORIO FED.</b>	
		<b>AMAZONAS</b>	

**Tabla N° 4.15.** Constantes.

<b>TIPO DE EXPOSICIÓN</b>	<b>FACTOR</b>	<b>ALTURA</b>
	$\beta$	Zg
		metros

A	3.0	460
B	4.5	370
C	7.0	270
D	10.0	200

**Tabla N° 4.16.** Coeficiente de Arrastre.

TIPO DE EXPOSICIÓN	COEFICIENTE
	k
A	3.0
B	4.5
C	7.0
D	10.0

**Tabla N° 4.17.** Coeficiente Cf.

FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL	TIPOS DE SUPERFICIE	RELACION h/d		
		1	7	25
Cuadrada (Viento normal a una cara)	Todas	1.3	1.4	2.0
Cuadrada (Viento en dirección de una diagonal)		1.0	1.1	1.5
Hexagonal u Octogonal		1.0	1.2	1.4
Circular	Moderadamente lisa	0.5	0.6	0.7

	Rugosa (c/d ≈ 0,02)	0.7	0.8	0.9
	Muy Rugosa (c/d ≈ 0,08)	0.8	1.0	1.2

- Cargas (F).

Longitudinal

$$F = q * Gh * Cf * A \quad (\text{Ec. 4.38})$$

Transversal

$$F = q * Gh * Cf * A * Fc \quad (\text{Ec. 4.39})$$

Donde:

Fc = Factor de viento (Tabla 4.18).

**Tabla N° 4.18.** Factores de carga por viento.

DIÁMETRO DEL RECIPIENTE	FACTOR DE CARGA POR VIENTO
762 mm (30") o menor	1.50
914 mm (36") a 1219 mm (72")	1.37
1372 mm (54") a 1829 (72")	1.28
1981 mm (78") a 2438 (96")	1.20
2591 mm (102") o mayor	1.18

- Momentos (M).

Longitudinal

$$M = F_{Long} * Hcg_{Long} \quad (\text{Ec. 4.40})$$

### Transversal

$$M = F_{Trans} * Hcg_{Trans} \quad (\text{Ec. 4.41})$$

#### 4.5.4. Chequeo.

De acuerdo con las ecuaciones descritas anteriormente, se calculan una serie de cargas y momentos generados por las acciones externas al equipo como lo son las fuerzas del viento y sismo. Para darle paso a este punto, debemos decir que los chequeos de estabilidad, corte, punzonado, presión del suelo se realizaran con aquellas fuerzas que sean mayores.

##### 4.5.4.1. Chequeo de Estabilidad.

$$M_{resis} = Peso_{total} * l_{arg o_{fund}} / 2 \quad (\text{Ec. 4.42})$$

$$M_{Volc} = (M_{fricción} * M(sismo / viento)) / 2 \quad (\text{Ec. 4.43})$$

$$Relación_{Estab} = M_{resist} / M_{volc} > 1,50 \quad (\text{Ec. 4.44})$$

##### 4.5.4.2. Chequeo de la Presión del Suelo.

$$Pr esión = \frac{W_{hisd} + W_{zap} + W_{ped} + W_{relleno}}{Área_{fund}} < 1,00 \quad (\text{Ec. 4.45})$$

##### 4.5.4.3. Chequeo por corte del pedestal.

Cargas de servicio: Viento (kg)  
Expansión Térmica (kg)  
Sismo (kg)

Las cargas de viento y sismo deberán ser mayoradas con un factor de 0,75, para obtener  $Vu$  y poder realizar el chequeo por corte del pedestal.

$$V_{resist} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d > Vu \quad (\text{Ec. 4.46})$$

#### 4.5.5. Cálculo del Acero de refuerzo.

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * ju * d} \quad (\text{Ec. 4.47})$$

Adoptando  $ju = 0,9$ ; para garantizar la ductilidad del concreto.

Acero Mínimo para Zapatas (Longitudinal y Transversal/superior e inferior)

Este Acero mínimo cálculo por medio de la Ec. 4.48 es solamente en un metro de longitud.

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * b * d}{f_y} \quad (\text{Ec. 4.48})$$

Acero Mínimo para Pedestal (Longitudinal)

$$A_G = a_x * a_y \quad (\text{Ec. 4.49})$$

$$A_{s_{min}} = 0,005 * A_G \quad (\text{Ec. 4.50})$$

#### 4.6. APLICACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTO.

Para esta sección aplicamos el manual por medio de un ejemplo de cálculo de fundación para Recipiente Horizontal, tomando los datos de las tablas descritas anteriormente y los suministrados por la Disciplina Mecánica (Apéndice B).

**Datos de entrada:**

- Resistencia del Suelo ( $R_s$ ): 1,20 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso Unitario del Suelo  $PU_{(s)}$ : 1.855 kg/m<sup>3</sup>
- Velocidad básica del viento: 90 km/h
- Peso Unitario del Concreto  $PU_{(c)}$ : 2.500 kg/m<sup>3</sup>
- Resistencia del Concreto ( $f'c$ ): 210 kg/cm<sup>2</sup>
- Esfuerzo a la cedencia del Acero ( $f_y$ ): 4.200 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso vacío del recipiente ( $W_{VACIO}$ ): 2.121 kg
- Peso de operación ( $W_{OPERACION}$ ): 10.959 kg
- Peso Prueba Hidrostática ( $W_H$ ): 15.457 kg
- Diámetro del recipiente ( $\emptyset$ ): 1,83 m
- Longitud del recipiente (L): 4,57 m
- Valor de Mapa Amenaza Sísmica ( $a^*$ ): 35,5 (Figura N° 4.1, Pag. 72).
- Valor de Mapa Amenaza Sísmica ( $\gamma$ ): 4,25 (Figura N° 4.2, Pag. 73).

- Vida útil del equipo (años): 10 años (Suministro de Disciplina Mecánica).
- Grado de riesgo: A; de acuerdo a la cantidad de personas en la instalación <10 (Tabla N° 4.7, Pag. 74).
- Probabilidad de excedencia anual (p1): 0,002 (Tabla N° 4.7, Pag. 74).
- Forma Espectral: S2 (Estudio de Suelo de la zona).
- Factor de corrección de aceleramiento horizontal: 1,00; de acuerdo al tipo de suelo descrito en el Estudio de Suelo (Tabla N° 4.2).

### **Predimensionado de la Fundación:**

#### **Zapata**

Ancho (a): 1,30 m

Largo (l): 2,00 m

Alto (h): 0,30 m

#### **Pedestal**

Ancho (a): 0,30 m

Largo (l): 1,95 m

Alto (h): 0,90 m

### **Peso de la Fundación:**

- **Peso Zapata.**

$$W_{zap} = ancho * largo * alto * PU_{(C)} = 1,30m * 2,00m * 0,30m * 2.500kg / m^3$$

$$W_{zap} = 1.950kg$$

- **Peso Pedestal.**

$$W_{ped} = ancho * largo * alto * PU_{(C)} = 0,30m * 1,95m * 0,90m * 2.500kg / m^3$$

$$W_{ped} = 1.316,25kg$$

- **Peso del Relleno.**

$$W_{relleno} = ((ancho_{zap} * largo_{zap}) - (ancho_{ped} * largo_{ped})) * h_{relleno} * PU_{(S)}$$

$$W_{relleno} = ((1,30m * 2,00m) - (0,30m * 1,95m)) * 0,70m * 2500kg / m^3$$

$$W_{relleno} = 3.526,25kg$$

- **Peso Total de la Fundación.**

$$W_{fid} = \sum W_{zap} + W_{ped} + W_{relleno} = 1.950kg + 1.316,25kg + 3.526,25kg$$

$$W_{fid} = 6.792,50kg$$

### Cálculo de Parámetros:

- Carga Sísmica.

Probabilidad de no excedencia.

$$P = (1 - p1)^t = (1 - 0,002)^{10} = 0,980$$

Aceleración Máxima del terreno.

$$a = a * (-\ln(1 - p1))^{-(1/\gamma)} = 35,5 * (-\ln(1 - 0,002))^{-\frac{1}{4,25}}$$
$$a = 153,17$$

$$A_o = \frac{a}{981} = \frac{153,17}{981} = 0,16$$

Coficiente de Amortiguamiento ( $\xi$ ).

De acuerdo al tipo de estructura que se va a diseñar se elige el coeficiente de la Tabla N° 4.9.

$$\xi = 5$$

Factor de ductilidad (D).

Según Tabla N° 4.10, también de acuerdo al tipo de estructura, en este caso Recipiente horizontal (sobre muros).

$$D = 1,5 ; \text{ en el plano de los muros.}$$

$$D = 2,0 ; \text{ en el plano perpendicular de los muros.}$$

Espectro de Diseño.

Para definir el espectro de diseño, lo cual nos indica como se comportará la estructura al ser sometida a movimientos sísmicos y su resistencia al mismo. Debemos obtener los valores por medio de la Tabla N° 4.11, según el tipo de forma espectral presente el suelo.

$$\beta = 2,6$$

$$T^o = 0,2$$

$$T^* = 0,8$$

Calculamos el factor de ampliación espectral ( $\beta^*$ ), por medio de la siguiente ecuación.

$$\beta^* = \beta * (0,0853 - 0,739 \ln \xi) = 2,6 * (0,0853 - 0,739 \ln 0,05)$$

$$\beta^* = 5,98$$

$$T^+ = T^* \left[ \sqrt{(2D-1)/D} \right]^{\frac{1}{p}} = 0,8 \left[ \sqrt{(2 * 1,5 - 1) / 1,5} \right]^{\frac{1}{0,998}} = 0,75$$

$$T^+ = T^* \left[ \sqrt{(2D-1)/D} \right]^{\frac{1}{p}} = 0,8 \left[ \sqrt{(2 * 2 - 1) / 2} \right]^{\frac{1}{0,998}} = 0,69$$

Debe cumplirse  $T^o \leq T^+ \leq T^*$  Ok!

Expresiones que definen el Espectro de Diseño:

$$T < T^+ \Rightarrow Ad_1 = \frac{\varphi A_o \left[ 1 + \frac{T}{T^+} (\beta^* - 1) \right]}{\left[ 1 + \left( \frac{T}{T^+} \right)^c (D^* - 1) \right]}$$

$$T^+ \leq T \leq T^* \Rightarrow Ad_2 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D}$$

$$T^* \leq T \leq 3 \Rightarrow Ad_3 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D} \left[ \frac{T^*}{T} \right]^{0,80}$$

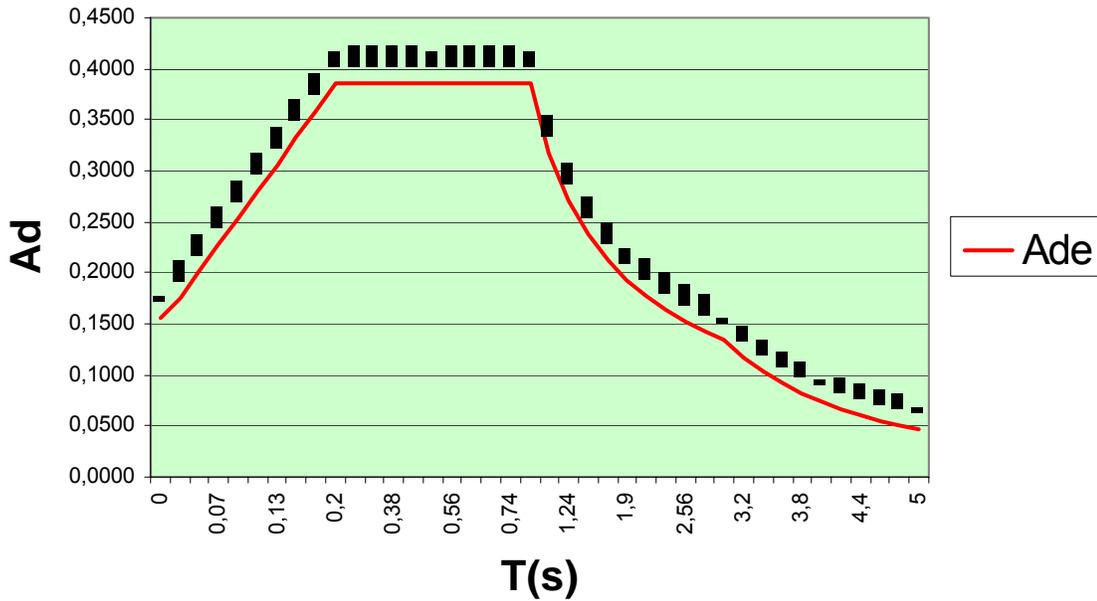
$$T > 3 \Rightarrow Ad_4 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D} \left( \frac{T^*}{3} \right)^{0,8} \left( \frac{3}{T} \right)^{2,1}$$

$$c = 4 \sqrt{D/\beta^*}$$

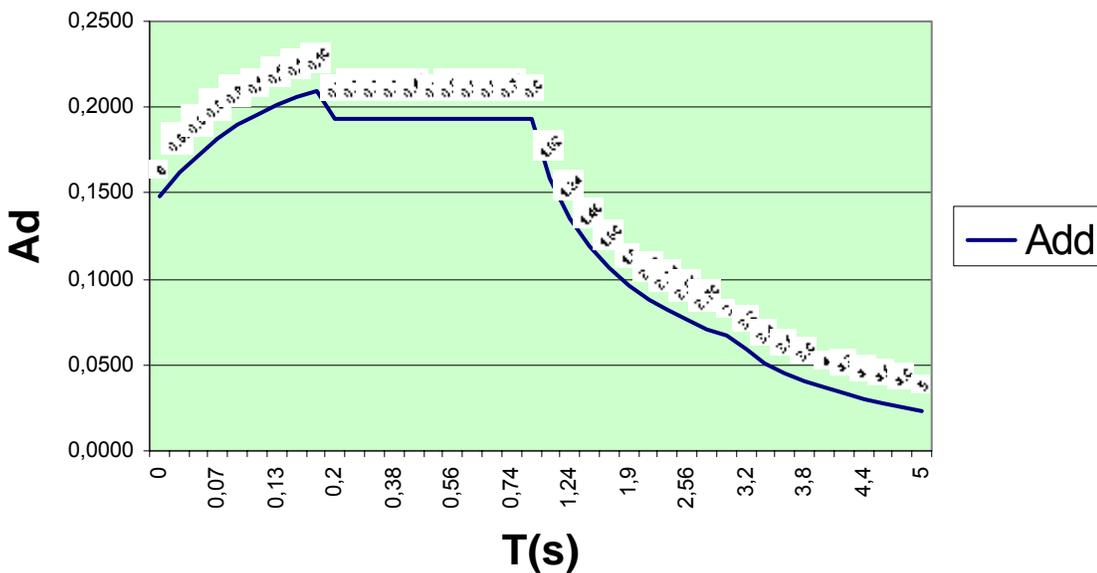
**Espectro de Respuesta Elástica (Ade) / Espectro de Diseño (Add)**

Punto	T(s)	Ade	Add	Punto	T(s)	Ade	Add
1	0	0,1561	0,1483	21	1,02	0,3174	0,1587
2	0,02	0,1747	0,1615	22	1,24	0,2715	0,1358
3	0,04	0,2010	0,1729	23	1,46	0,2383	0,1191
4	0,07	0,2274	0,1820	24	1,68	0,2129	0,1065
5	0,09	0,2537	0,1895	25	1,9	0,1930	0,0965
6	0,11	0,2801	0,1958	26	2,12	0,1768	0,0884
7	0,13	0,3065	0,2012	27	2,34	0,1634	0,0817
8	0,16	0,3328	0,2059	28	2,56	0,1520	0,0760
9	0,18	0,3592	0,2100	29	2,78	0,1423	0,0712
<b>10 (T°)</b>	0,2	0,3855	0,1928	<b>30 (3)</b>	3	0,1339	0,0670
11	0,26	0,3855	0,1928	31	3,2	0,1169	0,0585
12	0,32	0,3855	0,1928	32	3,4	0,1030	0,0515
13	0,38	0,3855	0,1928	33	3,6	0,0913	0,0457
14	0,44	0,3855	0,1928	34	3,8	0,0815	0,0408
15	0,5	0,3855	0,1928	35	4	0,0732	0,0366
16	0,56	0,3855	0,1928	36	4,2	0,0661	0,0330
17	0,62	0,3855	0,1928	37	4,4	0,0599	0,0300
18	0,68	0,3855	0,1928	38	4,6	0,0546	0,0273
19	0,74	0,3855	0,1928	39	4,8	0,0499	0,0250
<b>20 (T*)</b>	0,8	0,3855	0,1928	<b>40</b>	5	0,0458	0,0229

### Espectro de Respuesta Elástica (Ade)



### Espectro de Diseño (Add)



### Cargas de Sismo

$$V_o = A_d * W_{fund} = 0,21 * 6.792,50kg = 1.426,43kg$$

### Distribución Vertical de Fuerzas Laterales.

$$F_r = V_o * \frac{(W_{ope} * H_{cg_{recp}})}{(W_{ope} * H_{cg_{recp}}) + (W_{ped} * H_{cg_{ped}})}$$

$$F_r = 1.426,43 * \frac{(10.959 * 0,92)}{(10.959 * 0,92) + (1.316,25 * 0,45)} = 1.347,28kg$$

$$F_m = V_o * \frac{(W_{ped} * H_{cg_{ped}})}{(W_{ope} * H_{cg_{recp}}) + (W_{ped} * H_{cg_{ped}})}$$

$$F_m = 1.426,43 * \frac{(1.316,25 * 0,45)}{(10.959 * 0,92) + (1.316,25 * 0,45)} = 79,15kg$$

### Solicitaciones en la Base de la Zapata.

#### Sismo Horizontal (X)

$$Corte = F_m + F_r / 2 = 79,15 + 1.347,28 / 2 = 713,22kg$$

$$Momento = F_m * (H_{cg_{ped}} + h_{zap}) + Corte * (h_{ped} + h_{zap})$$

$$Momento = 79,15 * (0,45 + 0,30) + 713,22 * (0,90 + 0,30) = 915,23kg - m$$

$$F_{axial} = F_r * H_{recp} / Dist.soportes = 1.347,28 * 1,83m / 2 = 1.232,76kg$$

#### Sismo Horizontal (Y)

$$Corte = F_r / 2 + F_m = 1.347,28 / 2 + 79,15 = 752,79kg$$

$$Momento = F_m * (H_{cg_{ped}} + h_{zap}) + Corte * (h_{ped} + h_{zap})$$

$$Momento = 79,15 * (0,45 + 0,30) + 752,79 * (0,90 + 0,30) = 962,70kg$$

$$F_{axial} = \frac{Fr * \phi / 2}{Dist. soportes} = \frac{1.347,28 * 1,83 / 2}{2} = 616,38kg$$

### Sismo Vertical

$$F_{axial} = 1,3 A_o * W_{fund} / 2 = 1,3 * 0,20 * 6.792,50 / 2 = 883,03kg$$

Solicitaciones Sísmicas de Diseño en la Base.

Estas solicitaciones se obtienen mediante combinaciones de carga, las cuales se describen a continuación:

$$1,00S_x + 0,30S_y + 0,30S_z = 1,00 * 1.232,76 + 0,30 * 616,38 + 0,30 * 883,03 = 1.442,58kg$$

$$1,00S_x + 0,30S_y - 0,30S_z = 1,00 * 1.232,76 + 0,30 * 616,38 - 0,30 * 883,03 = 1.152,77kg$$

$$0,30S_x + 1,00S_y + 0,30S_z = 0,30 * 1.232,76 + 1,00 * 616,38 + 0,30 * 883,03 = 1.251,12kg$$

$$0,30S_x + 1,00S_y - 0,30S_z = 0,30 * 1.232,76 + 1,00 * 616,38 - 0,30 * 883,03 = 721,30kg$$

$$0,30S_x + 0,30S_y + 1,00S_z = 0,30 * 1.232,76 + 0,30 * 616,38 + 1,00 * 883,03 = 1.437,77kg$$

$$0,30S_x + 0,30S_y - 1,00S_z = 0,30 * 1.232,76 + 0,30 * 616,38 - 1,00 * 883,03 = -328,29kg$$

- **Carga de Viento.**

Tomaremos en cuenta la acción horizontal que ejerce el viento sobre el equipo y de que forma afecta esto con respecto a la fundación.

Presión Dinámica ( $q$ ).

$$q = 0,00485 * K_z * \alpha * V^2 = 0,00485 * 0,80 * 1,00 * (90)^2 = 31,43$$

$$K_z = 2,58 \left( \frac{4,50}{Z_g} \right)^{2/\beta} \leq 4,50$$

$$K_z = 2,58 \left( \frac{4,50}{270} \right)^{2/7} \leq 4,50 \Rightarrow K_z = 0,80 \leq 4,50$$

$$Gh = 0,65 + 3,65\delta h = 0,65 + 3,65 * 7,56 = 28,24$$

$$\delta h = \frac{2,35\sqrt{k}}{\left(\frac{h}{9,0}\right)^{1/\beta}} = \frac{2,35\sqrt{7}}{\left(\frac{2,28}{9,0}\right)^{1/7}} = 7,56$$

$$\text{Área}_{(Longitudinal)} = L * h = 4,57 * 2,08 = 9,51m^2$$

$$\text{Área}_{(Transversal)} = a * h = 1,83 * 2,08 = 3,81m^2$$

Cargas (F).

Longitudinal

$$F = q * Gh * Cf * A = 31,43 * 28,24 * 0,50 * 9,51 = 4.220,46kg$$

Transversal

$$F = q * Gh * Cf * A * Fc = 31,34 * 28,24 * 0,50 * 3,81 * 1,28 = 2.158,09kg$$

Momentos (M).

Longitudinal

$$M = F_{Long} * Hcg_{Long} = 4.220,46 * 1,04 = 4.389,28kg - m$$

Transversal

$$M = F_{Trans} * Hcg_{Trans} = 2.158,09 * 1,04 = 2.244,41kg - m$$

**Chequeo:**

Chequeo de Estabilidad.

$$M_{resis} = Peso_{total} * \frac{largo_{fund}}{2} = 6.792,50 * \frac{2,00}{2} = 6.792,50kg - m$$

$$M_{Volc} = (M_{fricción} + M(sismo / viento)) / 2 = (3.742,20 + 4.389,28) / 2 = 4.065,74kg - m$$

$$Relación_{Estab} = M_{resist} / M_{volc} > 1,50 \Rightarrow Relación_{Estab} = 6.792,50 / 4.065,74 = 1,67 > 1,50$$

Chequeo de la Presión del Suelo.

$$Pr esión = \frac{W_{hisd} + W_{zap} + W_{ped} + W_{relleno}}{Área_{fund}} < 1,20$$

$$Pr esión = \frac{15.457/2 + 1.950 + 1.316,25 + 3.526,25}{(200 * 130)} = 0,55 < 1,20$$

Chequeo por corte del pedestal.

Cargas de servicio: Viento (kg)  
Sismo (kg)  
Expansión Térmica (kg)

Las cargas de viento y sismo fueron mayoradas con un factor de 0,75, para obtener  $Vu$  y poder realizar el chequeo por corte del pedestal.

$$Vu_{(Viento)} = 0,75 * 4.220,46 = 3.165,35kg$$

$$Vu_{(Sismo)} = 0,75 * 752,79 = 564,59kg$$

$$Vu_{(Térmica)} = \mu * W_{OPERACIÓN} = 0,30 * 10.959 = 3.287,70kg$$

$$V_{resist} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d > Vu \Rightarrow V_{resist} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 22,5 = 4.406,65 > Vu$$

### Cálculo del Acero de Refuerzo:

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * ju * d}$$

$$As = \frac{6.792,50 * 100}{0,9^2 * 4.200 * 22,5}$$

$$As = 8,87cm^2 \Rightarrow 5\phi 3 / 8'' \text{ Para 1 m de longitud}$$

Acero Mínimo para Zapatas (Longitudinal y Transversal/superior e inferior)

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * b * d}{f_y} = \frac{14 * 100 * 22,5}{4.200} = 7,50cm^2 < A_s(8,87cm^2)$$

Acero Mínimo para Pedestal (Longitudinal)

$$A_G = ax * ay = 195 * 30 = 5.850cm^2$$

$$A_{s_{min}} = 0,005 * A_G = 0,005 * 5.850 = 29,25cm^2$$

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES.

1. Las instalaciones del área de la Estación Zamurito I, se encuentran en condiciones satisfactorias, pero no existe información suficiente documentada de la zona.
2. El área de implantación de la Estación JNEF-01 tiene disponibilidad de área para los nuevos equipos, con una configuración topográfica relativamente irregular permitiendo ejecutar movimiento de tierra moderado. También hay presencia de vegetación mediana a densa, cuerpo de agua cercano y servicios industriales existentes, tales como: electricidad y vialidad aprovechables.
3. El informe Geotécnico suministrado por PDVSA, contiene información suficiente con respecto al perfil del suelo, para desarrollar en la disciplina civil el diseño adecuado de fundación para el sitio requerido.
4. La selección del tipo de fundación se fundamentó en dos factores relevantes como, condiciones del suelo a fundar y condiciones del equipo, los cuales arrojaron el resultado más satisfactorio y apropiado para el asiento del equipo.
5. De acuerdo a los requerimientos del diseño se establecieron criterios y normas de la industria petrolera, incluyendo algunas normas nacionales e internacionales, tomando en cuenta las condiciones del sistema a representar.
6. La esquematización de los pasos a seguir para el diseño de fundaciones se realizó a través de un diagrama de flujo, donde se indica de forma ordenada los cálculos a ejecutar para el diseño.

7. La aplicación del manual se realizó por medio de un ejemplo de cálculo paso a paso, para demostrar su eficacia y eficiencia.

## 5.2. RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda realizar en el área de la Estación Zamurito I, el levantamiento planialtimétrico, y la detección de masas enterradas, con el fin de complementar la ingeniería requerida para el desarrollo del proyecto.
2. Realizar los levantamientos topográficos y los estudios de detección de metales en la zona seleccionada donde se proyectará la estación JNEF-01, para determinar planimetría de la topografía de terreno y de las masas enterradas existentes.
3. Realizar los estudios de impacto ambiental, con el fin de determinar y mitigar la afectación en las áreas donde se proyectará Estación JNEF-01.
4. Ejecutar un sistema para la selección de tipo de fundación donde se involucren más factores a estudiar y genere un resultado más exacto.
5. Para un mejor diseño de cualquier tipo de fundación o estructura en general, se podrían realizar investigaciones referentes a normas internacionales, para incluir en nuestros cálculos algún criterio que castigue más q nuestras propias normas.
6. Se pudiera mejorar el diagrama de flujo, siendo un poco más explícito con los pasos a ejecutar, pudiendo colocarse las fórmulas claves de cada fase a realizar.
7. El equipo es sometido a expansión térmica, por lo que se puede producir un desgaste del concreto en las bases donde se ancla el equipo, para esto, se debe colocar un material que evite la fricción en esta zona, tales como: lubrite, teflón, flurogold, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] UPEL. **“Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales”**. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL). Caracas 4ta. Edición (2008).
- [2] **“Diagrama de Flujo”**; Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki> (2007).
- [3] Julián Tiburcio; **“Diseño”**, Disponible en: [www.arqhys.com](http://www.arqhys.com) (2007).
- [4] Félix Fajardo, **“Diseño del oleoducto y el sistema de bombeo para el transporte de crudo – agua desde la estación de flujo las piedritas (EPTL-1) hasta la estación de descarga ORED-5. PDVSA Distrito San Tomé”**, Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Mecánica, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz, Venezuela (2007).
- [5] **“Fundaciones”**; Disponible en: [www.estructuras.eia.edu.co/hormigón](http://www.estructuras.eia.edu.co/hormigón) (2007).
- [6] David Villalobos; **“Operaciones de estaciones de flujo”**, Disponible en: [www.serviciosgdp.com](http://www.serviciosgdp.com) (2007).
- [7] **“Petróleo”**. Disponible en: [www.imp.mx/petróleo/definición.htm](http://www.imp.mx/petróleo/definición.htm) (2007).
- [8] PDVSA; **“Petróleo”**, Disponible en: [www.pdvs.com](http://www.pdvs.com) (2007).
- [9] Kariné Meneses y Jocksy Morales, **“Elaboración de un manual didáctico que permita describir criterios generales aplicables a la planificación del proceso constructivo en represas de enrocado”**, Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias

- Aplicadas, Departamento de Civil, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz, Venezuela (2006).
- [10] Geraldine Benavente y Laura Vásquez, “**Elaboración de un manual práctico para el diseño de pavimento de carreteras por el Método AASHTO-93**”, Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Civil, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz, Venezuela (2006).
- [11] José Palma; “Manual de Procedimiento, Disponible en: [www.monografias.com](http://www.monografias.com) (2006).
- [12] PDVSA; “**Memoria Descriptiva del Campo San Cristóbal**”, Gerencia de Infraestructura y Procesos de Superficie – Dtto. San Tomé. (2006).
- [13] Hernández Sampieri. “**Metodología de la Investigación**”. Editorial Mc Graw-Hill, 3era. Edición. México (2003).
- [14] Sabino C. “**El Proceso de Investigación**”. Editorial Panapo. Caracas (2002).
- [15] Tamayo y Tamayo. “**El Proceso de la Investigación Científica**”. Editorial Limusa, 4ta Edición. México (2002).
- [16] Fratelli M., “**Suelos, Fundaciones y Muros**”, Bonalde Editores, Caracas – Venezuela (2000).
- [17] Osers R., “**Flujogramas para el Cálculo de Concreto Armado**”, 4ta. Edición REFOLIT, C.A. Caracas (1998).
- [18] Carmen Romero y Amador Gómez, “**Análisis y Diseño de las fundaciones más comunes en plantas industriales**”, Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias

Aplicadas, Departamento de Civil, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz, Venezuela  
**(1994).**

***APENDICE A***  
***MANUAL DE DISEÑO DE FUNDACIONES***

TITULO

**FUNDACIONES PARA RECIPIENTES HORIZONTALES**

**Elaborador por:  
Br. María Consuelo Azócar  
Trabajo de Pasantía  
Febrero 2010**

## CONTENIDO

1. ALCANCE DEL MANUAL.
2. REFERENCIAS.
  - 2.1. Especificaciones de Ingeniería.
  - 2.2. Procedimiento de Ingeniería.
  - 2.3. Referencias Industriales.
3. INFORMACIÓN.
4. CONDICIONES DE DISEÑO.
  - 4.1. Cargas Verticales.
  - 4.2. Cargas Horizontales.
  - 4.3. Combinación de Cargas.
5. DATOS PARA EL DISEÑO
6. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA FUNDACIÓN
  - 6.1. Dimensiones de la Fundación
  - 6.2. Peso de la Fundación
7. CÁLCULO DE PARÁMETROS
  - 7.1. Cálculo Carga por Sismo
  - 7.2. Cálculo Carga de Viento
  - 7.3. Chequeo
  - 7.4. Cálculo de acero de Refuerzo
8. ANEXOS.

## 1. ALCANCE DEL MANUAL.

Este manual comprende recomendaciones a seguir para establecer criterios o fundamentos para el dimensionamiento y diseño de fundaciones para recipientes horizontales.

## 2. REFERENCIAS.

A continuación se señalan las referencias utilizadas para el diseño de las fundaciones.

### 2.1. Especificaciones de Ingeniería.

#### PDVSA (Petróleos de Venezuela, S.A.)

- PDVSA N° A-211 “Concreto – Materiales y Construcción”
- PDVSA N° A-251 “Diseño de Concreto Bajo Tierra”
- PDVSA N° A-261 “Criterios y Acciones Mínimas para el diseño de Estructuras Industriales”.
- PDVSA N° JA-221 “Diseño Sismorresistente de Instalaciones Industriales”

### 2.2. Procedimiento de Ingeniería.

- L-STC-001 “Diseño de Concreto”.
- L-STC-002 “Procedimientos de Diseño de Fundaciones”.
- L-STC-005 “Fundaciones de Recipientes Verticales”.

### 2.3. Referencias Industriales.

- COVENIN 2003-89 “Acciones del Viento sobre las Construcciones”.
- COVENIN 1756-2001 “Edificaciones Sismorresistentes”.
- COVENIN 1753-2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”.
- ACI “American Concrete Institute”.
- AISC “American Institute for Steel Construction”.

### 3. INFORMACIÓN.

El ingeniero estructural deberá adquirir los siguientes datos de los planos de recipientes:

- Separación entre soportes.
- Ancho, Longitud y Altura de los Soportes.
- Pesos del recipiente.
- Dimensiones de los Pernos.
- Ubicación de los soportes Ranurados para Fuerzas Laterales.
- Temperaturas Máximas/Mínimas de Operación.

### 4. CONDICIONES DE DISEÑO.

#### 4.1. *Cargas Verticales.*

##### 4.1.1. **Peso de Montaje.**

Peso de fabricación del recipiente de acuerdo a los planos, más el peso adicional debido a sus accesorios.

##### 4.1.2. **Peso de Vacío.**

Peso de fabricación del recipiente más el peso de las partes internas, tuberías, aislamientos y plataformas.

##### 4.1.3. **Peso de Operación.**

Peso vacío más el peso del fluido de operación.

##### 4.1.4. **Peso de Prueba.**

Peso vacío más el peso del agua necesaria para la prueba hidrostática.

#### 4.2. *Cargas Horizontales.*

##### 4.2.1. **Viento.**

Existen cargas por viento transversales y longitudinales, de acuerdo a la posición del recipiente con respecto a la dirección del viento, para ello concurren los siguientes criterios:

##### **Transversal:**

- Cuando el viento se proyecta sobre superficies cilíndricas del área lateral del recipiente, aplicada como una fuerza cortante horizontal, en el centroide del mismo. Con el objeto de considerar el efecto de las partes sobresalientes como tuberías, boca de visita, aislamiento, plataformas, etc., el área proyectada se multiplicará por un factor de incremento.

- Normalmente, se asume que el factor de carga por viento incluye el área expuesta de los pedestales de soporte. Sin embargo, cuando el recipiente se apoya en soportes tipo “T”, se deberá calcular la presión del viento para superficies planas actuante sobre el área expuesta de los soportes. Esta fuerza se considera aplicada, como una fuerza cortante horizontal, en el centroide del área expuesta.
- La conexión entre el pedestal y el asiento del recipiente se considera fija o empotrada para efecto de fuerzas transversales.

#### **Longitudinal:**

- La presión del viento para superficies planas actuante sobre los extremos del recipiente se aplica como una fuerza cortante horizontal en el centro del recipiente.
- La presión del viento para superficies planas actuante sobre las áreas expuestas de ambos pedestales o columnas, se aplica como una fuerza cortante horizontal en el centroide del área expuesta.

#### **4.2.2. Cargas Sísmicas.**

En zonas sísmicas, no se considerará simultáneas las fuerzas debidas a sismo y viento.

#### **4.2.3. Distribución de Cargas.**

Las cargas  $q$  ejercen fuerza sobre el recipiente deben dividirse equitativamente entre los dos pedestales, a menos que se especifique otra cosa. La junta entre el asiento del recipiente y el pedestal, se considera articulada para efecto de fuerzas longitudinales.

#### **4.3. Combinación de Cargas.**

Las zapatas y los pedestales deberán diseñarse para resistir las combinaciones de carga siguientes:

- Peso vacío + viento o sismo transversal.
- Peso de operación + viento o sismo transversal.
- Peso vacío + viento o sismo longitudinal.
- Peso de operación + viento o sismo longitudinal
- Peso de operación + fuerzas térmicas.
- Peso de prueba.

**Nota:** Las combinaciones indicadas no incluyen todas las combinaciones posibles, sino únicamente las que generalmente controlan el diseño, por lo tanto, las demás

combinaciones se utilizarán dependiendo del caso y las especificaciones del equipo, cuando el diseño así lo requiera y se considere aplicar.

## 5. DATOS PARA EL DISEÑO.

A continuación se muestran los elementos de entrada que se deben tener antes de realizar un diseño de fundación para un recipiente a presión horizontal:

- Rs: Esfuerzo admisible del suelo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). (Estudio de Suelo de la zona).
- PU(s): Peso unitario del suelo ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ). (Estudio de Suelo de la zona).
- Presión básica del viento.
- PU(C): Peso Unitario del Concreto ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ).
- F'c: Resistencia del Concreto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- Fy: Esfuerzo a la cedencia del Acero ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- WVACIO: Peso vacío del recipiente (kg).
- WOPERACIÓN: Peso de operación (kg).
- WH: Peso Prueba Hidrostática (kg).
- Ø: Diámetro del recipiente (m). (Suministro de Disciplina Mecánica).
- L: Longitud del recipiente (m). (Suministro de Disciplina Mecánica).
- a \*: Valor de Mapa Amenaza Sísmica (Figura N° 2).
- $\gamma$ : Valor de Mapa Amenaza Sísmica (Figura N° 3).
- Vida útil del equipo (años). (Suministro de Disciplina Mecánica).
- Grado de riesgo (Tabla N° 1).
- p1: Probabilidad de excedencia anual (Tabla N° 1).
- Forma Espectral (Estudio de Suelo de la zona).
- Factor de corrección de aceleramiento horizontal (Tabla N° 2).

## 6. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA FUNDACIÓN.

### 6.1. Dimensiones de la Fundación.

#### a. Zapata y Pedestal:

Ancho (m).

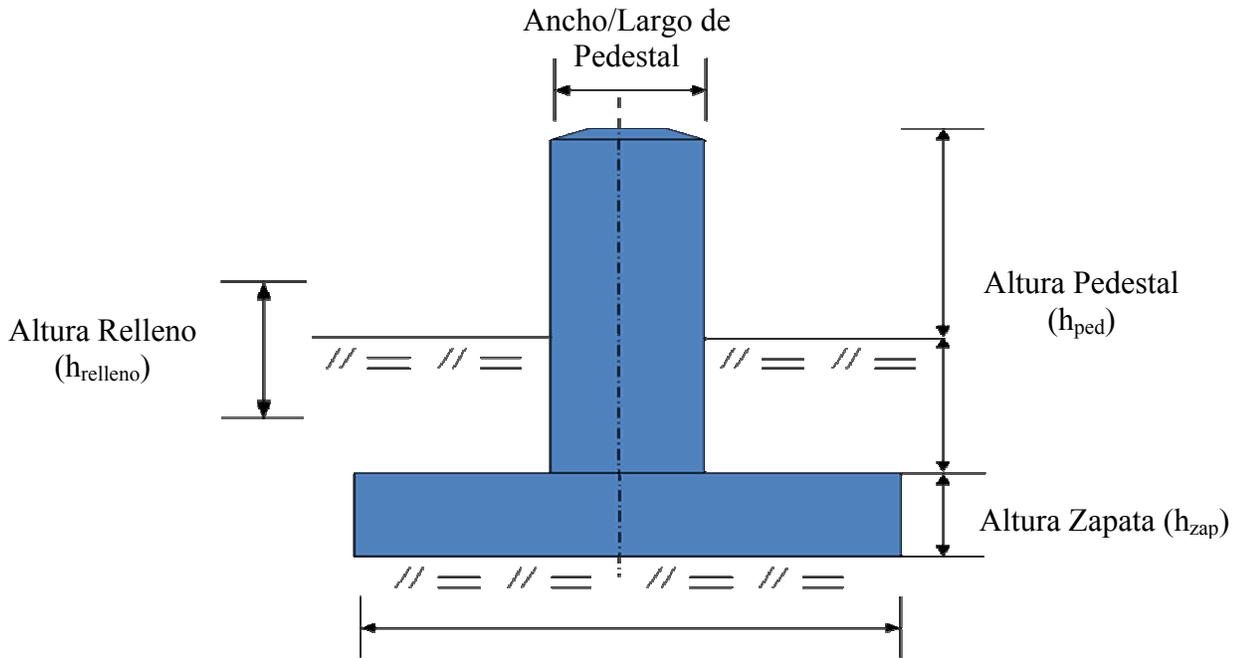
Largo (m).

Alto (m).

$$Pr esión = \frac{P(c arg a)}{A(\text{área})} \Rightarrow \sqrt{A} = \sqrt{\frac{P(c arg a)}{Pr esión}}$$

$$A = \frac{P(c arg a)}{Pr esión} \Rightarrow A = Ancho = Largo \sqrt{\frac{P(c arg a)}{Pr esión}};$$

**Figura N° 1. Fundación de Equipo.**



**6.2. Peso de la Fundación.**

✓ **Peso Zapata.**

$$W_{zap} = ancho * largo * alto * PU_{(C)}$$

✓ **Peso Pedestal.**

$$W_{ped} = ancho * largo * alto * PU_{(C)}$$

✓ **Peso del Relleno.**

$$W_{relleno} = ((ancho_{zap} * largo_{zap}) - (ancho_{ped} * largo_{ped})) * h_{relleno} * PU_{(S)}$$

$$W_{fud} = \sum W_{zap} + W_{ped} + W_{relleno}$$

## 7. CÁLCULO DE PARÁMETROS.

### 7.1. Cálculo Carga por Sismo.

- Probabilidad de no excedencia.

$$P = (1 - pl)^t$$

- Aceleración Máxima del terreno.

$$a = a * ((-LN(1 - pl)))^{-(1/g)}$$
$$Ao = \frac{a}{981}$$

- Coeficiente de Amortiguamiento ( $\xi$ ).

De acuerdo al tipo de estructura que se va a diseñar se elige el coeficiente de la tabla N° 4.

- Factor de ductilidad (D).

Según tabla N° 5, también de acuerdo al tipo de estructura.

- Espectro de Diseño.

Para definir el espectro de diseño, lo cual nos indica como se comportará la estructura al ser sometida a movimientos sísmicos y si resiste. Debemos obtener los valores por medio de la tabla N° 3, según el tipo de forma espectral presente el suelo.

Luego de tener dichos valores se procede al cálculo del factor de ampliación espectral ( $\beta^*$ ), por medio de la siguiente ecuación.

$$\beta^* = \beta * (0,0853 - 0.739 \ln \xi)$$

$$T^+ = T * \left[ \sqrt{(2D - 1)} / D \right]^{\frac{1}{p}}$$

Expresiones que definen el Espectro de Diseño:

$$T < T^+ \Rightarrow Ad_1 = \frac{\varphi A_o \left[ 1 + \frac{T}{T^+} (\beta^* - 1) \right]}{\left[ 1 + \left( \frac{T}{T^+} \right)^c (D^* - 1) \right]}$$

$$T^+ \leq T \leq T^* \Rightarrow Ad_2 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D}$$

$$T^* \leq T \leq 3 \Rightarrow Ad_3 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D} \left[ \frac{T^*}{T} \right]^{0.80}$$

$$T > 3 \Rightarrow Ad_4 = \frac{\varphi A_o \beta^*}{D} \left( \frac{T^*}{3} \right)^{0.8} \left( \frac{3}{T} \right)^{2.1}$$

Donde:

Ad = Aceleración espectral dividida por la aceleración de gravedad (g).

T = Periodo de la estructura, en segundos.

Ao = Coeficiente de la Aceleración Horizontal máxima del terreno.

B\*, To, T\* = Parámetros que definen el espectro de respuesta elástica

T<sup>+</sup> = Periodo característico del espectro inelástico, dado en la Tabla 6.

D = Factor de Ductilidad, dado en la Tabla 5.

$$c = 4 \sqrt{\frac{D}{\beta^*}}$$

- Cargas de Sismo.

$$V_o = Ad * W_{fund}$$

- Distribución Vertical de Fuerzas Laterales.

$$Fr = V_o * \frac{(W_{ope} * Hc_{g_{recp}})}{(W_{ope} * Hc_{g_{recp}}) + (W_{ped} * Hc_{g_{ped}})}$$

$$Fm = Vo * \frac{(W_{ped} * Hcg_{ped})}{(W_{ope} * Hcg_{recp}) + (W_{ped} * Hcg_{ped})}$$

- Solicitaciones en la Base de la Zapata.

#### Sismo Horizontal (X)

$$Corte = Fm + Fr/2$$

$$Momento = Fm * (Hcg_{ped} + h_{zap}) + Corte * (h_{ped} + h_{zap})$$

$$F_{axial} = \frac{Fr * H_{recp}}{Dist.soportes}$$

#### Sismo Horizontal (Y)

$$Corte = Fr/2 + Fm$$

$$Momento = Fm * (Hcg_{ped} + h_{zap}) + Corte * (h_{ped} + h_{zap})$$

$$F_{axial} = \frac{Fr * \phi/2}{Dist.soportes}$$

#### Sismo Vertical

$$F_{axial} = 1,3 A_o * W_{fund} / 2$$

- Solicitaciones Sísmicas de Diseño en la Base.

Estas solicitaciones se obtienen mediante combinaciones de carga, las cuales se describen a continuación:

$$1,00Sx + 0,30Sy + 0,30Sz$$

$$1,00Sx + 0,30Sy - 0,30Sz$$

$$0,30Sx + 1,00Sy + 0,30Sz$$

$$0,30Sx + 1,00Sy - 0,30Sz$$

$$0,30Sx + 0,30Sy + 1,00Sz$$

$$0,30Sx + 0,30Sy - 1,00Sz$$

## 7.2. Cálculo Carga de Viento

Tomaremos en cuenta la acción horizontal que ejerce el viento sobre el quipo y de que manera afecta esto con respecto a la fundación.

- Presión Dinámica ( $q$ ).

$$q = 0,00485 * Kz * \alpha * V^2$$

$$Kz = 2,58 \left( \frac{4,50}{Zg} \right)^{2/\beta} \leq 4,50$$

$$Gh = 0,65 + 3,65 \delta h$$

$$\delta h = \frac{2,35 \sqrt{k}}{\left( \frac{h}{9,0} \right)^{1/\beta}}$$

$$\dot{Área}_{(Longitudinal)} = L * h$$

$$\dot{Área}_{(Transversal)} = a * h$$

Donde:

$Kz$  = Coeficiente de exposición a la presión dinámica del viento evaluado a una altura  $z$  sobre el terreno.

$\alpha$  = Factor de importancia eólica. (Tabla N° 8).

$V$  = Velocidad básica del viento (Tabla N° 9).

$\beta$  = Factor que se utiliza para el cálculo de  $Kz$ ,  $\delta h$ . (Tabla N° 10).

$Zg$  = Altura del gradiente en el perfil de velocidades del viento (Tabla N° 10).

$Gh$  = Factor de respuesta a ráfagas.

$\delta h$  = Factor de exposición evaluado a una altura  $h$  sobre el terreno.

$k$  = Coeficiente de arrastre (Tabla 11).

$Cf$  = Coeficiente de empuje y succión (Tabla 12).

Área = Área de la superficie expuesta.

- Cargas (F).

Longitudinal

$$F = q * Gh * Cf * A$$

Transversal

$$F = q * Gh * Cf * A * Fc$$

Donde:

Fc = Factor de viento (Tabla 7).

- Momentos (M).

Longitudinal

$$M = F_{Long} * Hcg_{Long}$$

Transversal

$$M = F_{Trans} * Hcg_{Trans}$$

### 7.3. Chequeo

- Chequeo de Estabilidad

$$M_{resis} = Peso_{total} * l_{arg o fund} / 2$$
$$M_{volc} = (M_{fricción} * M(sismo / viento)) / 2$$
$$Relación_{Estab} = M_{resist} / M_{volc} > 1,50$$

- Chequeo de la Presión del Suelo.

$$Pr esión = \frac{W_{hisd} + W_{zap} + W_{ped} + W_{relleno}}{Área_{fund}} < 1,00$$

- Chequeo por corte del pedestal.

Cargas de servicio: Viento (kg)  
Expansión Térmica (kg)  
Sismo (kg)

Las cargas de viento y sismo deberán ser mayoradas con un factor de 0,75, para obtener  $V_u$  y poder realizar el chequeo por corte del pedestal.

$$V_{resist} = 0,85 * 0,53 \sqrt{f'c} * b * d > V_u$$

#### 7.4. Cálculo de acero de Refuerzo

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * j_u * d} > A_{s_{min}} ; \text{ Para 1 m de longitud}$$

##### Acero Mínimo para Zapatas (Longitudinal y Transversal/superior e inferior)

Este Acero mínimo cálculo por medio de la siguiente ecuación es solamente en un metro de longitud.

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * b * d}{f_y}$$

##### Acero Mínimo para Pedestal (Longitudinal)

$$A_G = a_x * a_y$$

$$A_{s_{min}} = 0,005 * A_G$$

## **8. ANEXOS.**

**8.1. Tablas para el Cálculo Sísmico.**

**Tabla N° 1. Clasificación de Riesgos**

Grado de Riesgo	CONDICIONES				P <sub>1</sub> (10 <sup>-3</sup> )
	Numero de personas expuestas	Pérdidas económicas		Impacto Ambiental	
		Materiales	Lucro Cesante		
<b>A</b>	Pocas (<10)	Limitado a la instalación	Despreciable	Poco o Nulo	≤ 2
<b>B</b>	Importante (11 a 100)	La instalación y alguna vecina	Significativo. Entre 1 y 50 MMUS\$	Recuperación ≤ 3 años	≤ 1
<b>C</b>	Elevado número de personas (100 a 500)	La instalación y numerosas vecinas	Entre 50 y 250 MMUS\$	Recuperación 3 a 10 años	≤ 0,5
<b>D</b>	> 500 personas	De naturaleza catastrófica	> 250 MMUS\$	Irreversible	≤ 0,1

Fuente: NORMA PDVSA N° JA-221. DISEÑO SISMORESISTENTE DE INSTALACIONES INDUSTRIALES.

**Tabla N° 2.** Forma Espectral y Factor de Importancia.

Material	V <sub>sp</sub> (m/s)	H (m)	Forma Espectral	φ
Roca sana /fracturada	> 700	Cualquiera	S1	0.85
Roca blanda o moderadamente meteorizada	> 400	≤ 50	S1	0.90
		> 50	S2	0.95
Suelos muy duros o muy densos	> 400	< 30	S1	0.90
		30 - 50	S2	0.95
		> 50	S3	1.00
Suelos duros o densos	250 - 400	< 15	S1	0.90
		15 - 50	S2	0.95
		50 - 70	S3 (b)	1.00
		> 70	S4	1.00
Suelos firmes/medio densos	170 - 250	≤ 50	S2 (c)	1.00
		> 50	S3 (b)	1.00
Suelos blandos/sueltos	< 170	≤ 15	S2 (c)	1.00
		> 15	S3 (b)	1.00
Estratos blandos intercalados con otros suelos más rígidos (a)	< 170	< H1	S2	1.00
		> H1	S3	0.90

(a) El espesor de los estratos debe ser mayor que 0,1 H

(b) Si  $A_0 \leq 0,15$ , úsese S4

(c) Si  $A_0 \leq 0,15$ , úsese S3

Fuente: NORMA PDVSA N° JA-221. DISEÑO SISMORESISTENTE DE INSTALACIONES INDUSTRIALES.

**Tabla N° 3.** Valores que definen Forma Espectral.

Forma Espectral	β	T° (s)	T* (s)
S1	2.4	0.1	0.4
S2	2.6	0.2	0.8
S3	2.8	0.3	1.2
S4	3.0	0.4	1.6

Fuente: NORMA PDVSA N° JA-221. DISEÑO SISMORESISTENTE DE INSTALACIONES INDUSTRIALES.

**Tabla N° 4.** Factor de amortiguamiento.

<b>TIPO DE ESTRUCTURA</b>	<b>AMORTIGUAMIENTO (%)</b>
Acero soldado	3
Acero empernado	5
Concreto reforzado	5
Tanques metálicos	Según especificación FJ-251

Fuente: NORMA PDVSA N° JA-222. DISEÑO SISMORESISTENTE DE RECIPIENTES Y ESTRUCTURAS.

**Tabla N° 5.** Factores de Ductilidad.

<b>TIPO DE ESTRUCTURA</b>	<b>D</b>	<b>COMENTARIOS</b>
Recipiente vertical (falda metálica y pernos de conexión con la fundación)	2	La eventual falla de la falda, así como en los pernos de conexión, es dúctil. Se suministra suficiente longitud de deformación a los pernos mediante soportes expuestos ("silla para pernos").
Recipiente vertical (falda metálica y pernos de conexión con la fundación)	2	Falla dúctil en los pernos de conexión con la fundación. Se debe evitar la falla frágil (pandeo elástico) prematura de la falda. Se suministra suficiente longitud de deformación a los pernos mediante soportes expuestos ("silla para pernos").
Recipiente vertical (falda metálica y pernos de conexión con la fundación)	1	Falla no dúctil del sistema, en la falda y/o pernos. No se recomienda esta situación
Recipiente horizontal (sobre pórticos de momento de alta hiperestaticidad)	6	El mecanismo de falla del pórtico debe ser dúctil, bajo el concepto de columna fuerte viga débil. No se produce falla frágil y/o prematura en la conexión entre el recipiente y el pórtico.
Recipiente horizontal (sobre pórticos de momento de baja hiperestaticidad)	4	El mecanismo de falla del pórtico debe ser dúctil, bajo el concepto de columna fuerte viga débil. No se produce falla frágil y/o prematura en la conexión entre el recipiente y el pórtico.

<b>TIPO DE ESTRUCTURA</b>	<b>D</b>	<b>COMENTARIOS</b>
Recipiente horizontal (sobre monocolumnas)	1.5	Falla dúctil de la columna
Recipiente horizontal (sobre pórticos arriostrado)	4	Falla dúctil del sistema
Recipiente horizontal (sobre muros)	1.5	En el plano de los muros
	2	En el plano perpendicular a los muros
Recipiente horizontal (monocolumnas arriostradas con diagonales)	1.5	En el plano no arriostrado. Falla dúctil de la columna
	3	En el plano arriostrado. Cede primero el sistema de arriostramiento en forma dúctil

**Fuente:** NORMA PDVSA N° JA-222. DISEÑO SISMORESISTENTE DE RECIPIENTES Y ESTRUCTURAS.

**Tabla N° 6.** Factores  $T^+$ .

$D < 5$	$0,1 (D-1)$
$D \geq 5$	0.4
Se debe cumplir $T^o \leq T \leq T^*$	

**Fuente:** NORMA PDVSA N° JA-221. DISEÑO SISMORESISTENTE DE INSTALACIONES INDUSTRIALES.

## 8.2. *Tablas para el Cálculo del Viento.*

**Tabla N° 7.** Factores de carga por viento.

<b>DIÁMETRO DEL RECIPIENTE</b>	<b>FACTOR DE CARGA POR VIENTO</b>
762 mm (30") o menor	1.50
914 mm (36") a 1219 mm (72")	1.37
1372 mm (54") a 1829 (72")	1.28
1981 mm (78") a 2438 (96")	1.20
2591 mm (102") o mayor	1.18

**Tabla N° 8.** Factores Importancia Eólica.

<b>GRUPO</b>	<b><math>\alpha</math></b>
A	1.15
B	1.00
C	0.90

**Fuente:** NORMA COVENIN 2002-88.  
CRITERIOS Y ACCIONES  
MÍNIMAS PARA EL PROYECTO  
DE EDIFICACIONES.

**Tabla N° 9.** Velocidad Básica del viento.

<b><u>LOCALIDAD</u></b>	<b>V</b>	<b><u>LOCALIDAD</u></b>	<b>V</b>
<b>ANZOATEGUI</b>		<b>LARA</b>	
Barcelona	85	Barquisimeto	100
<b>APURE</b>		<b>MERIDA</b>	
Guasdualito	87	Merida	70
San Fernando	85	<b>MONAGAS</b>	
<b>ARAGUA</b>		Maturín	102
Colonia Tovar	70	<b>NUEVA ESPARTA</b>	
Maracay	72	Porlamar	70
<b>BOLIVAR</b>		<b>PORTUGUESA</b>	
Ciudad Bolívar	77	Acarigua	70
Sta. Elena de Uairén	74	Guanare	70
Tumeremo	80	<b>SUCRE</b>	
<b>CARABOBO</b>		Cumaná	79
Morón	70	Güiria	83
Puerto Cabello	70	<b>TACHIRA</b>	
<b>DISTRITO FEDERAL</b>		Colón	70
Caracas	78	La Grita	70
La Orchila	76	San Antonio	83
Maiquetía	93	<b>TERRITORIO FED.</b>	
<b>FALCON</b>		<b>AMAZONAS</b>	
Coro	75	Puerto Ayacucho	83
<b>GUARICO</b>		<b>ZULIA</b>	
Carrizal	73	La Cañada	103
		Maracaibo	96
		Mene Grande	81

Fuente: NORMA COVENIN 2002-88. CRITERIOS Y ACCIONES MÍNIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES.

**Tabla N° 10. Constantes.**

<b>TIPO DE EXPOSICIÓN</b>	<b>FACTOR <math>\beta</math></b>	<b>ALTURA <math>Z_g</math> metros</b>
A	3.0	460
B	4.5	370
C	7.0	270
D	10.0	200

**Fuente:** NORMA COVENIN 2002-88. CRITERIOS Y ACCIONES MÍNIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES.

**Tabla N° 11. Coeficiente de Arrastre.**

<b>TIPO DE EXPOSICIÓN</b>	<b>COEFICIENTE K</b>
A	0.025
B	0.010
C	0.005
D	0.003

**Fuente:** NORMA COVENIN 2002-88. CRITERIOS Y ACCIONES MÍNIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES.

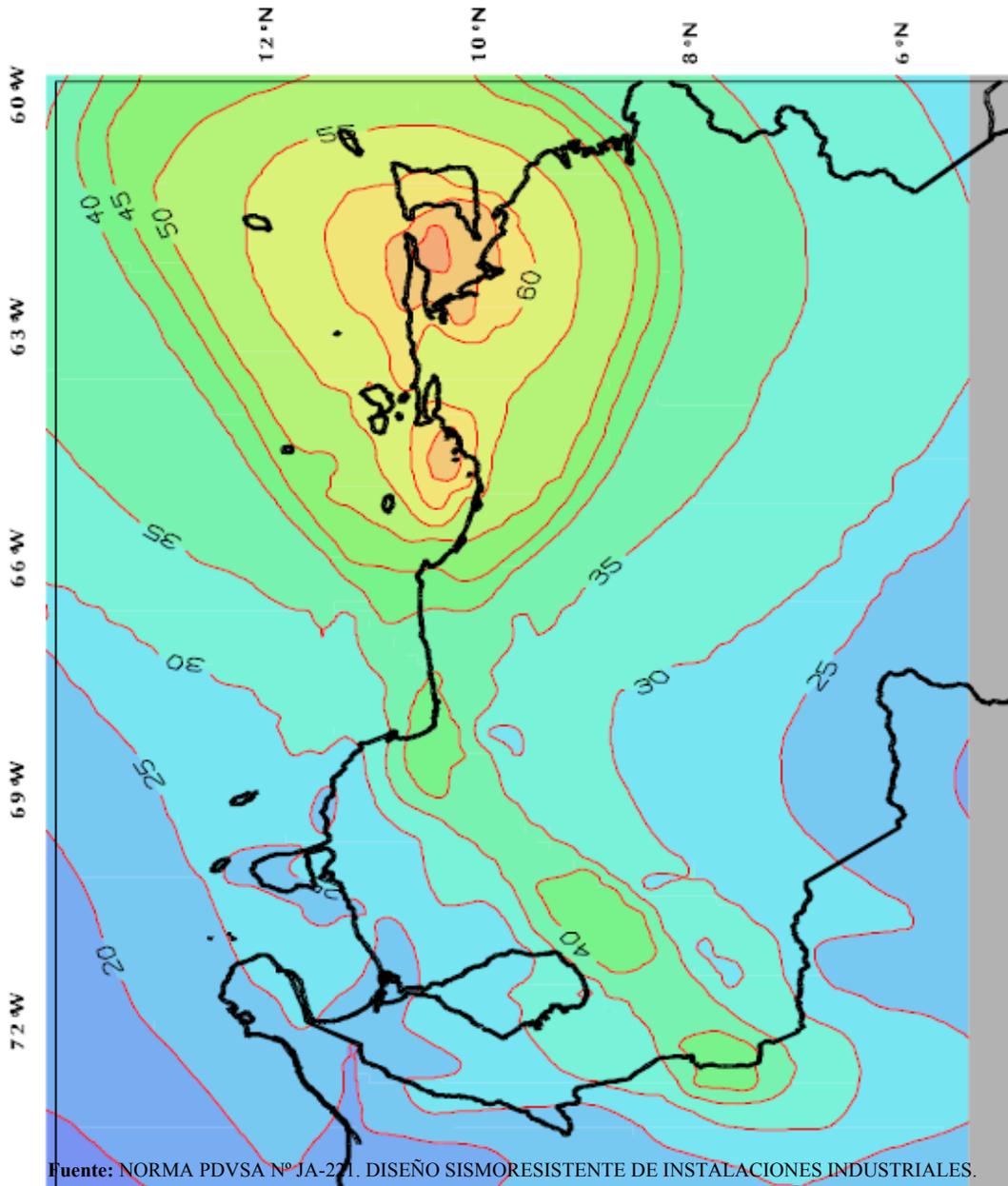
**Tabla N° 12. Coeficiente Cf.**

FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL	TIPOS DE SUPERFICIE	RELACION h/d		
		1	7	25
Cuadrada (Viento normal a una cara)	Todas	1.3	1.4	2.0
Cuadrada (Viento en dirección de una diagonal)		1.0	1.1	1.5
Hexagonal u Octogonal		1.0	1.2	1.4
Circular	Moderadamente lisa	0.5	0.6	0.7
	Rugosa (c/d $\approx$ 0,02)	0.7	0.8	0.9
	Muy Rugosa (c/d $\approx$ 0,08)	0.8	1.0	1.2

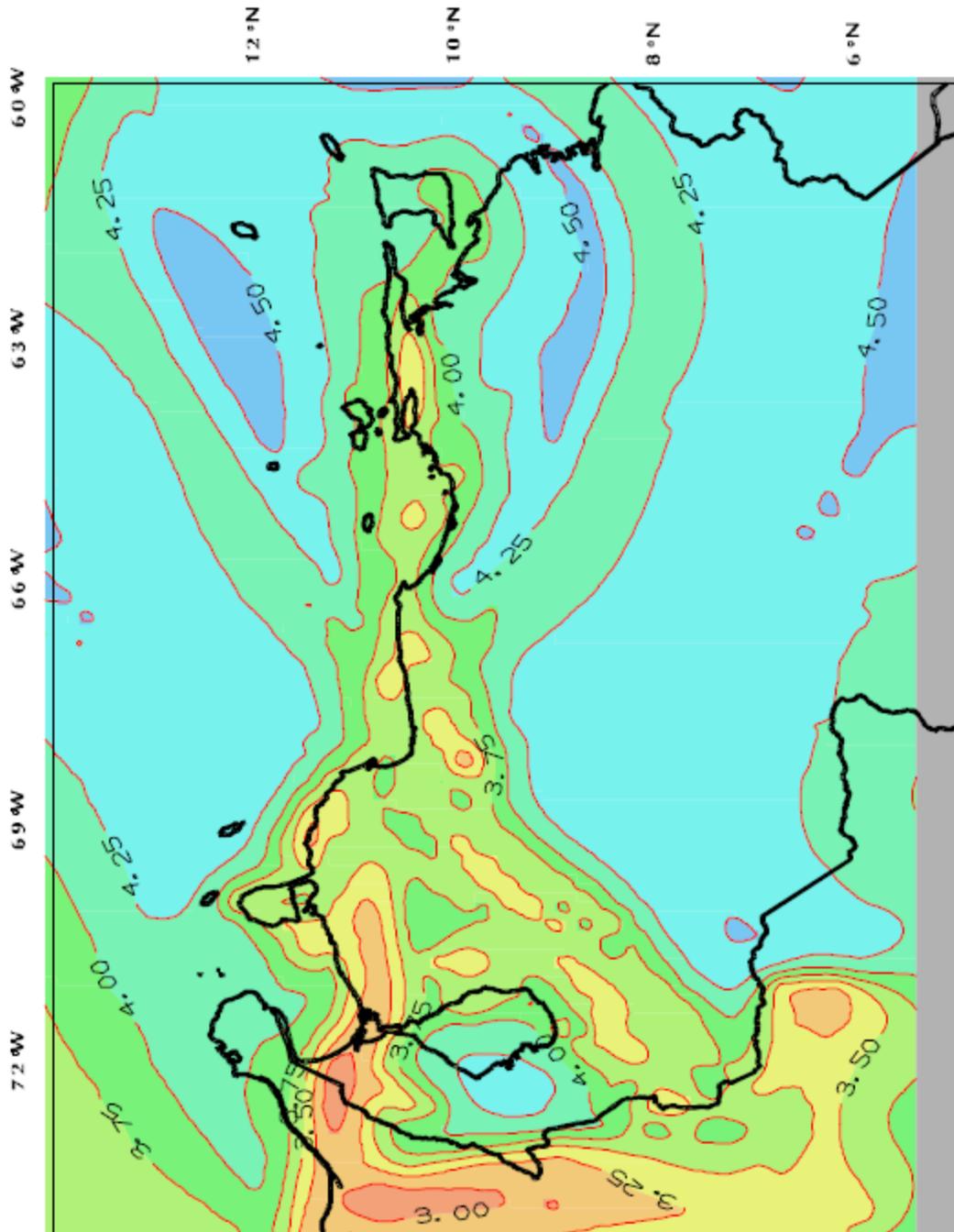
Fuente: NORMA COVENIN 2002-88. CRITERIOS Y ACCIONES MÍNIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES.

### 8.3. Figuras.

**Figura N° 2.** Mapa Amenaza Sísmica, valores de  $a^*$ .



**Figura N° 3.** Mapa Amenaza Sísmica, valores de  $\gamma$ .



Fuente: NORMA PDVSA N° JA-221. DISEÑO SISMORESISTENTE DE INSTALACIONES INDUSTRIALES.



***APENDICE B***  
***PLANOS REFERENTES A LA ESTACIÓN JNEF-01***

***APENDICE B-1***

Plano de Implantación de Equipos “PLOT PLAN”



***APENDICE B-2***

Plano de Recipiente Horizontal



## ***APENDICE C***

PDO (PORTAFOLIO DE OPORTUNIDADES) 2006-2025

**Sistema Integrado de Planificación para Exploración y Producción****S.I.P.E.P  
Reporte Totalizado**

<b>Actividad</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Total: Producción Promedio Crudo (MBD)	19,74	28,69	53,55	51,83	45,70	39,57	35,10	31,25	27,80	25,44
Total: Producción Promedio de Gas (MMPCD)	2,87	5,44	13,12	14,36	14,63	13,53	12,05	10,95	9,73	8,90

<b>Actividad</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
Total: Producción Promedio Crudo (MBD)	24,57	23,46	22,72	22,14	22,14	21,85	21,26	20,51	19,99	19,66
Total: Producción Promedio de Gas (MMPCD)	8,61	8,20	7,94	7,76	7,75	7,64	7,44	7,18	6,99	6,88



1 / 5

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES PARA LA ESTACIÓN DE FLUJO JNEF-01 PDVSA, EN EL ÁREA DE U. P. SAN CRISTÓBAL DISTRITO SAN TOMÉ.
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
<b>AZÓCAR LAITÓN MARÍA CONSUELO</b>	<b>CVLAC: 15.903.811</b> <b>E MAIL: consuelolaiton@gmail.com</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

---

MANUAL DE PROCEDIMIENTO

---

DISEÑO

---

FLUJOGRAMA

---

FUNDACIÓN

---

ESTACIÓN DE FLUJO

---

---

---

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÁREA	SUBÁREA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERÍA CIVIL

**RESUMEN (ABSTRACT):**

El trabajo que se presenta a continuación, consiste en la elaboración de un manual de procedimiento para el diseño de fundaciones, con el fin que permita al ingeniero realizar o desarrollar los cálculos y análisis de manera ordenada, clara y sencilla, generando de esta manera resultados satisfactorios en cuanto a calidad y tiempo. El manual se crea a través de información visual y documentada. De igual forma, se realizó una esquematización de los pasos a seguir para tal diseño, en forma de flujograma por medio de la herramienta software Microsoft Visio; Determinada toda la información necesaria se prosigue con la estructuración del manual, donde estarán marcadas tablas, gráficos, figuras y todo tipo de investigación que se necesite para el diseño de fundaciones de recipientes.



3 / 5

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
SOSA JOSÉ A.	CVLAC:	15.679.474			
	E_MAIL	josesosaalvarez@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
BRACHO JOSÉ	CVLAC:	7.548.744			
	E_MAIL	jlbracho@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
PINTO BLAS	CVLAC:	5.487.446			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
COTELLESA LUIGI	CVLAC:	8.302.817			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

2010	03	12
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**



4/5

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Manual de Diseño	Application/ms.word

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H I J K  
L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y  
Z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE**

ESPACIAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

INGENIERO CIVIL

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

PRE-GRADO

**ÁREA DE ESTUDIO:**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**INSTITUCIÓN:**

UNIVERSIDAD DE ORIENTE. NÚCLEO ANZOÁTEGUI



5/5

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****DERECHOS**

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE  
TRABAJOS DE GRADO: “LOS TRABAJOS SON PROPIEDAD  
EXCLUSIVA DE LA UNIVERSIDAD Y SOLO PODRAN SER  
UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL  
CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARA  
AL CONSEJO UNIVERSITARIO”.

**AUTOR****AUTOR****AUTOR****TUTOR****JURADO****JURADO****POR LA SUBCOMISION DE TESIS**