



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**TESIS DE POSTGRADO**

**RACIONALIZACIÓN DE CIMENTACIÓN PARA TORRES  
DE TELEFONÍA MÓVIL**

**SUSTENTADO POR:**

**IRMA PATRICIA LÓPEZ AYALA  
WALTER ADONAY GARCÍA CASTRO**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE  
MÁSTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

**TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS, C.A**

**OCTUBRE, 2015**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**LUIS ORLANDO ZELAYA MEDRANO**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

**MARLON BREVÉ REYES**

**DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO**

**Pendiente**

**RACIONALIZACIÓN DE CIMENTACIÓN PARA TORRES  
DE TELEFONÍA MÓVIL**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MÁSTER EN  
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

**ASESOR METODOLÓGICO  
CARLOS AUGUSTO ZELAYA OVIEDO**

**ASESOR TEMÁTICO  
JOAQUÍN E. TORRE M.**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN EVALUADORA:**

**JAVIER SALGADO  
LUZ MARINA FUNES**



## **FACULTAD DE POSTGRADO**

### **RACIONALIZACIÓN DE CIMENTACIÓN PARA TORRES DE TELEFONÍA MÓVIL**

#### **AUTORES:**

**Irma Patricia López Ayala y Walter Adonay García Castro:**

#### **Resumen**

En el presente trabajo se plantean las consideraciones iniciales y la metodología necesaria para formular un problema de diseño racional de cimentaciones para torres de telefonía móvil para un tipo de suelo en particular; para ello haciendo uso del método por elementos finitos (MEF) y la teoría del medio continuo elástico tipo Winkler (módulo de balasto). Para el desarrollo de esta investigación fue necesario elegir las tres tipologías de cimentación más utilizada para las torres metálicas autosoportadas, con altura de 60 mts y velocidad de viento de 90 MPH, como ser losa de cimentación, zapata aisladas y pilotes. Se procedió con el análisis y diseño geotécnico-estructural con el objetivo de determinar los costos constructivos de cada tipología y hacer una comparación de las soluciones tanto en el ámbito técnico como económico, y así poder determinar la solución más racional para lograr optimizar los recursos asignados para el desarrollo de la infraestructura de la red móvil de las empresas de telecomunicación.

**Palabras claves:** Cimentación, costos, racionalizar, telecomunicación, torres.



## **RATIONALIZATION FOUNDATION FOR MOBILE PHONE TOWERS**

**BY:**

**Irma Patricia López Ayala y Walter Adonay García Castro**

### **Abstract**

In the current work the initial considerations and the necessary methodology are posed to formulate a problem of rational design of foundations for towers of mobile telephony for a particular type of soil; specifically using the method for finite elements (MEF) and the theory of the continuous elastic similar to Winkler (subgrade modulus). For the development of this investigation it was necessary to choose three foundations types used more frequently for the metallic self-supporting towers, with height of 60 mts and wind speed of 90 MPH, such as slab on grade, spread footing, shafts. The analysis and geotechnical - structural design carried out with the objective of determine the construction costs of the different types of foundations considered and to do a comparison of the solutions both in the technical and economical aspect to determine a rational solution for optimization the assigned resources for the development of the infrastructure of the mobile network of the telecommunications companies.

.

**Keywords:** Costs, foundation, rationalizing, telecommunication, tower.

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta tesis, en primer lugar, a Dios quien nos inspiró en forma espiritual a cursar la maestría y concluir finalmente con la presentación de esta tesis.

A nuestras parejas, por su amor y por qué siempre estuvieron listos para brindarnos todo su apoyo incondicional.

A nuestros adorados hijos, quienes nos prestaron el tiempo que le pertenecía para terminar y son ellos nuestro orgullo y nuestra gran motivación.

A nuestros padres que nos dieron la vida, la educación y su apoyo incondicional en las decisiones que hemos tomado a lo largo de nuestra vida.

A nuestros maestros que tuvieron la disponibilidad y paciencia de enseñarnos todos los conocimientos y experiencia que ellos poseen.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a todos ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a nuestros tutores por dedicarnos de su tiempo para que pudiéramos realizar un trabajo de tesis de excelencia. A SERCOM de Honduras por permitirnos hacer uso de los documentos con los cuales se obtuvieron los valores numéricos para la elaboración de esta tesis. Y finalmente a todas aquellas personas que nos ayudaron directa o indirectamente y que por razones de espacio no podemos mencionarlos a detalle.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	5
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	7
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNO.....	7
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO-ENTORNO .....	11
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO .....	12
2.2 TEORÍA .....	13
2.2.1 TEORÍA DE SUSTENTO .....	13
2.2.1.1 OPTIMIZACIÓN Y RACIONALIZACIÓN DE CIMENTACIONES .....	13
2.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN .....	14
2.2.2.1 TORRES DE TELEFONÍA MÓVIL .....	14
2.2.2.2 TIPOLOGÍAS MÁS COMUNES PARA LAS CIMENTACIONES DE TORRES DE TELEFONÍA MÓVIL.....	19
2.2.2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO .....	23
2.2.2.4 MÉTODOS DE DISEÑO DE CIMENTACIONES.....	24
2.2.2.5 CARGAS DE DISEÑO.....	27
2.2.2.6 NORMAS, CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO .....	28

2.2.2.7 ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (MEF).....	29
2.2.2.8 PROGRAMAS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL .....	32
2.2.2.9 MODELACIÓN DE TORRE AUTOSOPORTADA 60 MTS Y 90 MPH.....	33
2.2.2.10 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES POR ESTADOS LÍMITES. ....	35
2.2.2.11 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LAS TIPOLOGÍAS DE CIMENTACIÓN A DISEÑAR.....	36
2.2.2.12 METODOLOGÍA DEL CÁLCULO DE COSTO EN CIMENTACIONES. ..	39
2.2.2.13 ÍNDICES TÉCNICOS ECONÓMICOS. ....	41
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>42</b>
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA.....	42
3.1.1 LA MATRIZ METODOLÓGICA .....	42
3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE .....	43
3.1.3 HIPÓTESIS .....	43
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS .....	44
3.3 MATERIALES.....	45
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	45
3.4.1 POBLACIÓN .....	46
3.4.2 MUESTRA.....	46
3.4.3 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	47
3.4.4 UNIDAD DE RESPUESTA .....	47
3.5 INSTRUMENTOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS .....	47
3.5.1 TÉCNICAS .....	47
3.5.2 INSTRUMENTOS .....	47
3.5.3 PROCEDIMIENTOS .....	48
3.6 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	48
3.6.1 FUENTES PRIMARIAS.....	48
3.6.2 FUENTES SECUNDARIAS .....	49
3.7 LIMITANTES DEL ESTUDIO .....	49

<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>50</b>
4.1 PARÁMETROS PARA ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIONES .....	50
4.1.1 CARGAS PROVENIENTES DE LA TORRE .....	50
4.1.2 PARÁMETROS DEL SUELO .....	52
4.1.3 CONSIDERACIONES EN ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN	53
4.2 RESULTADO DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN .....	54
4.2.1 RESULTADOS ANÁLISIS LINEAL .....	54
4.2.2 RESULTADO ANÁLISIS NO LINEAL.....	60
4.3 RESULTADO DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE ZAPATA AISLADA .....	65
4.4 RESULTADO DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE PILOTES .....	72
4.5 COMPARACIÓN DE DATOS TÉCNICOS DE LA TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN .....	79
4.6 ESTRUCTURA DE COSTOS DE CADA TIPO DE CIMENTACIÓN .....	81
4.7 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO DE LA SOLUCIONES .	82
4.8 DIAGRAMA CAUSA EFECTO .....	84
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	87
5.2 RECOMENDACIONES .....	88
<b>CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....</b>	<b>89</b>
6.1 MODELIZACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO, A FIN DE RACIONALIZAR LAS CIMENTACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL.....	89
6.2 INTRODUCCIÓN .....	89
6.3 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA .....	90
6.3.1 CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES.....	90
6.3.2 CAPÍTULO 2. CRITERIOS BÁSICOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO PARA CIMENTACIONES DE TORRES .....	91
6.3.3 CAPÍTULO 3. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN Y DISEÑO DEL TIPO DE CIMENTACIÓN .....	92

6.3.4	CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES HACIENDO USOS DE SOFTWARE.....	92
6.3.5	CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN DE PLANO Y MEMORIA DE CÁLCULOS 93	
6.4	PRESUPUESTO .....	93
6.5	CRONOGRAMA .....	94
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>96</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>102</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz Metodológica.....	42
Tabla 2. Reacciones de la torre para el diseño de losa de cimentación.....	51
Tabla 3. Reacciones de la torre para el diseño de la zapata aislada. ....	52
Tabla 4. Datos presiones sobre el suelo análisis lineal losa de cimentación.....	56
Tabla 5. Desplazamiento en la losa de cimentación, análisis lineal.....	57
Tabla 6. Datos presiones sobre el suelo análisis No lineal losa de cimentación.....	61
Tabla 7. Desplazamiento en la losa de cimentación, análisis No lineal.....	62
Tabla 8. Datos Envolvente de presiones sobre el suelo análisis No lineal zapata aislada. ....	67
Tabla 9. Desplazamiento en zapata aislada, análisis No lineal. ....	68
Tabla 10. Resumen resultado del análisis y diseño de las cimentaciones.....	79
Tabla 11. Costos constructivos por tipo de cimentación.....	81
Tabla 12. Comparación de costos constructivos por tipo de cimentación .....	82
Tabla 13. Verificación de la Concordancia del documento con la propuesta.....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Penetración de suscriptores únicos por región.....	8
Figura 2. Capex global operadores móvil (US\$ bn).....	8
Figura 3. Tendencia de suscriptores únicos en América Latina.....	10
Figura 4. Inversiones de los operadores en América Latina .....	10
Figura 5. Penetración de suscriptores únicos y conexiones, septiembre 2014.....	11
Figura 6. Sitio o celda para telefonía móvil .....	15
Figura 7. Torre autosoportada triangular.....	16
Figura 8. Torre autosoportada de sección cuadrada.....	16
Figura 9. Torre Monopolo o Tubular .....	17
Figura 10. Torre Arriostrada .....	18
Figura 11. Zapata individual con pedestal.....	20
Figura 12. Losa de Cimentación. ....	20
Figura 13. Pilote corto de concreto. ....	22
Figura 14. Vuelco de estructuras.....	25
Figura 15. Desplazamiento de estructura .....	26
Figura 16. Esquema de fuerzas resultantes en la base de la torre .....	28
Figura 17. Proceso de discretización de un elemento continuo .....	30
Figura 18. Modelo de método diseño flexible aproximado .....	31
Figura 19. Proceso constructivo zapata aislada para torre triangular.....	37
Figura 20. Proceso constructivo losa de cimentación para torre triangular .....	38
Figura 21. Proceso constructivo del pilote para torre triangular .....	39
Figura 22. Definición de las variables independiente y la variable dependiente. ....	43
Figura 23. Etapas del diseño de la investigación.....	45
Figura 24. Modelo en Staad.PRO torre AJ Ingenieros 60mts 90MPH .....	50
Figura 25. Modelo en SAFE de carga muerta y viento para losa de cimentación 12x12 m espesor 0.40 m.....	54
Figura 26. Presiones que ejerce la losa de cimentación sobre el suelo debido a la combinación 1.20D+W+Relleno, análisis lineal .....	54

Figura 27. Presiones que ejerce la losa de cimentación sobre el suelo debido a la combinación 0.90 D+W+Relleno, análisis lineal. ....	55
Figura 28. Deformaciones que se producen en la losa de cimentación, análisis lineal.....	56
Figura 29. Verificación del punzonamiento losa de cimentación, análisis lineal .....	57
Figura 30. Diagrama de momento y cortante en losa de cimentación, análisis lineal.....	58
Figura 31. Área de acero de refuerzo requerida en losa de cimentación, análisis lineal.....	58
Figura 32. Planta y elevación la losa de cimentación, análisis lineal.....	59
Figura 33. Modelo en SAFE de carga muerta y viento para losa de cimentación 9.50 x9.50 mts espesor 0.70mts .....	60
Figura 34. Presiones que ejerce la losa de cimentación sobre el suelo debido a la combinación ENVOLRESIS 2, análisis No lineal.....	60
Figura 35. Deformaciones que se producen en la losa de cimentación, análisis No lineal.....	62
Figura 36. Verificación del punzonamiento losa de cimentación, análisis No lineal. ....	63
Figura 37. Área de acero de refuerzo requerida en losa de cimentación en la parte inferior, análisis No lineal. ....	63
Figura 38. Área de acero de refuerzo requerida en losa de cimentación en la parte superior, análisis No lineal .....	64
Figura 39. Planta y elevación la losa de cimentación, análisis No lineal.....	65
Figura 40. Modelo en SAFE, carga muerta y viento para zapata aislada de 6.0m x6.0 m espesor 1.50mts Análisis No Lineal .....	65
Figura 41. Presiones que ejerce las zapatas sobre el suelo debido a la combinación 1.2D + W + Relleno, análisis No lineal.....	66
Figura 42. Deformaciones que se producen en las zapatas aisladas, análisis No lineal.....	67
Figura 43. Verificación del punzonamiento en zapata aislada, análisis No lineal .....	69
Figura 44. Diagrama de momento en ambas dirección en la zapata aislada, análisis No lineal ....	69
Figura 45. Diagrama de cortante para las zaptas aisladas, análisis No lineal .....	70
Figura 46. Acero de refuerzo en la zapata aislada, análisis No lineal.....	70
Figura 47. Planta y elevación de la zapata aislada, análisis No lineal .....	71
Figura 48. Esquema de carga para el pilote o pila de cimentación .....	72
Figura 49. Comparación capacidad soportantes por tipo de cimentación.....	79
Figura 50. Comparación del factor de volteo por tipo de cimentación .....	80

Figura 51. Capacidad de las tipologías de cimentación ante la fuerza de extracción .....	80
Figura 52. Comparación de costo por tipo de cimentación.....	82
Figura 53. Comparativo por tipo de actividad constructiva para tipo de cimentación.....	83
Figura 54. Diagrama Causa y Efecto, proyecto de investigación Racionalización d cimentaciones para torres de telefonía móvil.....	84

# **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se enuncia el problema de investigación y la justificación que respalda la necesidad de este estudio. También se plantea los objetivos que se pretendieron alcanzar.

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

En una torre de telecomunicación uno de los elementos estructurales más importante es la cimentación; su diseño debe realizarse individualmente, debido a que las torres se ubican en diferentes zonas geográficas del país donde factores como la velocidad del viento y magnitud sísmológica difieren de un lugar a otro; además de estos factores se debe tomar en cuenta otros elementos como la tipología y estudio del suelo donde se apoyara la estructura.

La cimentación representa un costo muy importante en el valor final del proyecto, tal como se demostrará más adelante, de ahí la importancia de optimizar el diseño. Desde este punto vista, este trabajo pretende hacer una evaluación técnica-económica de la tipología de cimentación que se utilizan hasta ahora, y proponer de ser posible otras variantes de diseño de cimentación para las torres de telefonía móvil ligeramente diferente a las que comúnmente se realizan, donde el diseño se ajuste aún más a las condiciones del suelo y a la geometría de la torre, para lograr con ello mayor eficacia en el mismo y consecuentemente proveer la solución más económica, siempre cumpliendo con las especificaciones técnicas propuesta por las empresas de Telecomunicación para el diseño de las mismas.

En esta investigación, se desarrolla el análisis y diseño de tres tipos de cimentación para una estructura de torre de telecomunicación con una altura de 60 mts y velocidad de viento de 90 MPH. Para el análisis se utilizó los softwares especializados Staad.PRO y SAFE, además del cumplimiento con las normas y códigos que rigen el diseño de cimentaciones para este tipo de estructuras. Como tema complementario se realizó la modelación y análisis de la estructura de la torre por medio del software Staad.PRO, con el objetivo de obtener las cargas que la estructura traslada a la cimentación, y a la vez poder hacer el diseño de las vigas tensoras para los pilotes y zapatas aisladas.

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico y de manera general se aborda el tema de la situación actual en el tema de las telecomunicaciones, el macro entorno y los antecedentes que hay en nuestro país respecto a este tema. También se explica brevemente los conceptos más importantes de los tipos de torres y de las cimentaciones, además de las consideraciones generales tomadas para el análisis y diseño de las cimentaciones.

La metodología utilizada para la realización de esta investigación es desarrollada en el capítulo 3; en el capítulo 4 se presenta los resultados, en primer lugar, las reacciones que resultaron del análisis estructural de la torre; luego se presenta el análisis y diseño de cada una de la cimentación, y como último punto se expone el análisis técnico- económico.

En el capítulo 5 se indican las conclusiones y recomendaciones finales obtenidas en este trabajo y finalmente se presenta en el capítulo 6 la aplicabilidad.

## **1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

En Honduras el sector de las telecomunicaciones ha avanzado a un gran ritmo en los últimos años, y con la apertura de la telecomunicación se han ido incrementando las inversiones privadas en nuestro país y existe hoy en día tres empresas que ofrecen servicios de telefonía móviles como ser HONDUTEL, TIGO y CLARO, siendo estas dos últimas de capital extranjero. El sector telecomunicaciones juega un papel muy importante en la productividad, la competitividad y el desarrollo económico del país, por medio de la generación de empleos directos e indirectos, contribución directa e indirecta al PIB y una aportación considerable a las arcas públicas a través de los impuestos y pago de las tasas de licencia de bandas de espectro requeridas para el despliegue de los servicios de banda ancha móvil.

En la actualidad en nuestro país se ha venido observando un aumento de la demanda en servicio telefonía móvil y datos, tanto así que existen más aparatos celulares que personas dando una penetración mayor al 100%, por lo que las empresas dedicadas a este rubro se han visto en la necesidad de expandir su zona de servicio para suplir esta demanda; para ello se hace necesario la instalación de un mayor número de torres, que es su mayoría son estructuras metálicas de alma abierta y de sección triangular, y su altura varía de 30mts a 60mts y según la zona de instalación

se diseña para soportar velocidades de viento de 70MPH a 90MPH para las zonas central, Oriental y Sur, para el caso zonas costeras del Atlántico se instalan torre con velocidades de viento de 125MPH. Adicionalmente según una última reforma en las leyes municipales a partir del año 2016 ya se no pagarán permisos de operación, sino que el pago de tributos municipales será en base a ingresos, por lo mismo, no existe razón para disminuir la cantidad de infraestructura actual.

Por lo general cada año las empresas de telecomunicación tienen asignado un presupuesto para invertir en la expansión, mejoramiento y modernización de la red móvil; un porcentaje de esa inversión se destina a la infraestructura de torres de telefonía móvil, por lo cual es muy importante hacer un buen uso de los recursos asignados. Las torres son fabricadas fuera de Honduras y su cimentación y montaje es hecha por mano obra local; por lo general la responsabilidad del diseño del cimiento está a cargo de empresas contratistas que ejecutan la obra, que puede o no ser el mismo fabricante de la torre, y la tendencia ha sido realizar losas de cimentación, probablemente porque este tipo de cimentación contrarresta fácilmente el vuelco, que pueden generar la torre debido a la fuerza de viento, simplemente con su peso propio, que está conformado por concreto y el relleno del suelo sobre la losa.

### **1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

Desde el año 2005 hasta la fecha los diseños de cimentación de torres que se han construido en las empresas de telecomunicaciones se han caracterizado en su mayoría por losas de cimentación cuadrada, por lo general el costo total de una torre con su cimentación varían, dependiendo de la altura y velocidad de viento, de \$70,000.00 a \$130,000.00, de estos valores aproximadamente el 50% representa el costo de la estructura metálica de la torre, de un 10% a 15% es el costo por accesorios, montaje, iluminación y sistema de aterrizaje y finalmente del 35% al 40% del costo total de la torre se invierte en la cimentación

Antes de iniciar la construcción de un sitio, se realiza el estudio de suelo para determinar la capacidad soportante, este estudio es entregado al contratista para que realice el diseño de la

cimentación según la torre que soportará, seguidamente el diseño es revisado y aprobado un por especialista que tienen las empresas de telecomunicación, pero se hace a nivel técnico, y no se hace un análisis si esta solución resulta ser la más económica.

Como se puede evidenciar en las empresas de telecomunicación solo se han enfocado en que la cimentación este correctamente diseñada cumpliendo con la estabilidad, funcionalidad y seguridad de la estructura, y no existe una metodología que este dirigida a que estos diseños sean también racionales desde una perspectiva económica para lograr un ahorro en los costos constructivos y así poder optimizar los recursos asignado para el desarrollo de la infraestructura de la red móvil de las empresas.

Muy probablemente esta problemática de la revisión del racional económico no se había profundizado, debido a que hasta hace algunos años los presupuestos de inversión eran mucho mayores debido al hecho que las empresas de telecomunicaciones no tenían restricciones de presupuesto, o en su defecto estaban en fases de expansión.

### **1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

No se tiene iniciativa para la optimización económica de las estructuras de cimentación para torres de telefonía móvil, por lo cual ¿Qué tan eficientes y económicos son los diseños geotécnicos y estructurales de cimentación para torres de telefonía móvil que se están utilizando hasta ahora y podrá existir una estructura de cimentación más optimizada que aún no se ha considerado diseñar?

### **1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿Existe sobre diseño en las cimentaciones realizadas hasta ahora por las empresas fabricantes de torres? ¿Cuáles son las tipologías más económicas para bases de cimentación de torres de telefonía móvil? ¿Cuál es la metodología o procedimientos de diseño de los diferentes tipos de cimentaciones utilizadas en torres de telefonía móvil a la luz de los conocimientos actuales? ¿Cuáles son los Índices Técnicos-Económicos (ITE's) para cada tipología de cimentación?

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Contribuir a optimizar la inversión en cimentación de torres para telefonía móvil mediante uso de modelos por el método de elemento finito, a fin de racionalizar las cimentaciones y hacer más eficiente el uso del recurso técnico, material y económico.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Identificar las posibles variantes de tipología de cimentación a ser analizadas y los factores que influyen.
- b. Recopilar las memorias de revisión estructural realizada a las torres de telefonía móvil de Honduras para determinar las solicitaciones que se transmiten a los cimientos para variante de torre elegida.
- c. Aplicar los resultados del estado del conocimiento actual en la temática del diseño geotécnico y estructural para la racionalización de los diseños de cimentaciones.
- d. Analizar los diferentes diseños en cimentaciones para torres que se usan actualmente y realizar comparaciones entre cada una de las soluciones de diseño para cimentación de torres de telefonía móvil.
- e. Proponer una modelización por método de elemento finito (MEF) para un diseño estandarizado, geotécnico y estructural para las cimentaciones de torres de telefonía móvil, que permita la optimización de costo para las empresas de telecomunicaciones.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Los diseños de cimentación realizados hasta la fecha cumplen con los requisitos de estabilidad que estipula la norma de torre propuesta por las empresas de telecomunicación, pero estos diseños en algunos casos resultan poco económicos por lo cual se hace necesario proponer otra tipología de cimentación donde se logren ahorros en ámbito monetario, además de considerar para ello aspectos como ser, la facilidad de obtención de los materiales necesarios y la rapidez de su ejecución. En épocas de restricción presupuestal esta justificación se acentúa aún más.

Con este estudio se determinarán los Índices Técnicos-Económicos (ITE's) para este tipo de estructura y que nuestro país rara vez son determinados y/o usados en el ámbito constructivo y que son una herramienta importante para la toma de decisiones técnicas y económicas.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se expone y analiza la base teórica que sustenta el proyecto de investigación, para lo cual se realizó una revisión de artículos y otros trabajos de investigación relacionados al tema, que fueron elaborados por otros autores. Asimismo, se describe los conceptos más importantes que influyen en el análisis y diseño de las tipologías más comunes en cimentaciones para torres, tanto en ámbito geotécnico como estructural.

### **2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

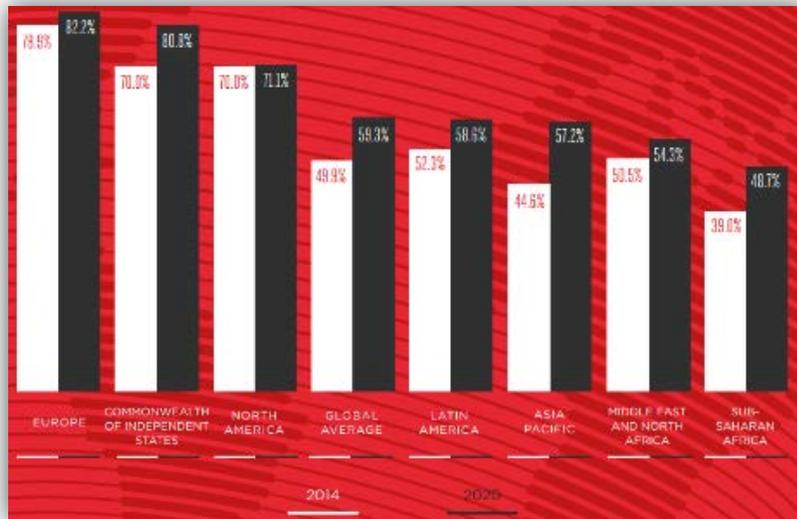
En la actualidad el sector de la telecomunicación es dinámica, y en especial en área de telefonía móvil e internet que han venido teniendo un alto crecimiento a nivel mundial y Honduras no es la excepción, el crecimiento de la demanda de servicios es exponencial. Debido al constante cambio, las empresas de telecomunicación debe estar a la vanguardia de las nuevas tecnológica en equipos de telecomunicación para lo cual “mantienen agresivos planes de inversión y constantemente están implementando estrategias para hacer frente, por ejemplo, al potente consumo de internet móvil” (Gerencia de Estudios de SOFOFA, 2014, p.14). Para realizar las expansiones y mejoras de servicio las empresas de telecomunicación ejecutan parte de su presupuesto anual, en proyectos de construcción de sitios, que conlleva la utilización de torres de telecomunicación para proveer de cobertura a la población de interés.

#### **2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNO**

La telefonía móvil a nivel mundial está en rápido crecimiento, para el final del 2014 existían 3.6 mil billones de suscriptores móviles que representa un 50% de penetración a nivel mundial, en otras palabras, la mitad de la población mundial utiliza un teléfono celular, y para finales del 2020 se espera llegar a una penetración del 59% (4.6 mil billones de suscriptores).

En la Figura 1 se detalla el porcentaje de penetración por región a finales del 2014 y el porcentaje proyectado para el 2020. Para el caso de los países desarrollados donde es un mercado algo saturado, su crecimiento es muy bajo, se espera una penetración promedio del 81%; en cambio para los países en vías de desarrollo la tasa de penetración promedio a finales del 2014

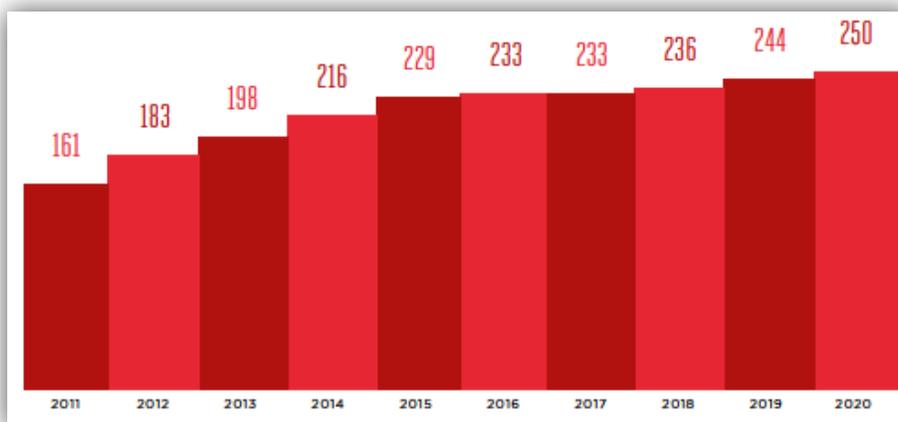
fue de 44,6% y se espera un alto crecimiento de 11 puntos porcentuales y llegar al finales 2020 a tasa esperada de penetración 56% (GSM Association, 2015).



**Figura 1. Penetración de suscriptores únicos por región**

Fuente: (GSM Association, 2015)

Los operadores de telefonía móvil a nivel mundial en estos últimos 3 años han realizado fuertes inversiones de capital (concepto conocido como CAPEX por su significado en Inglés Capital Expenditure) debido a la necesidad de aumentar la capacidad y desplegar redes de banda ancha móvil.



**Figura 2. Capex global operadores móviles (US\$ bn)**

Fuente: (GSM Association, 2015)

A nivel mundial, los operadores han invertido fuertemente en sus redes los últimos tres años en la Figura 2 se puede apreciar que para el año 2014, la cifra fue de alrededor de US \$216 billones y se espera que la inversiones crezcan para finales del 2020 en un monto acumulado de US \$250 billones.

En Colombia las empresas de telecomunicación harán inversiones en tecnología 4G para red móvil, para lo cual requiere la implementación de entre 4,000 a 7,000 sitios adicionales a los que actualmente está operando en país (12,000 a 15,000 sitios), esto para cubrir la creciente demanda de los usuarios e implicara una inversión a corto plazo superior a \$1 billón. En promedio el costo de un sitio en Colombia varía entre \$100,000 a \$200,000 el cual depende de la ubicación geográfica y el tipo de predio donde se instala la torre (DINERO, 2015).

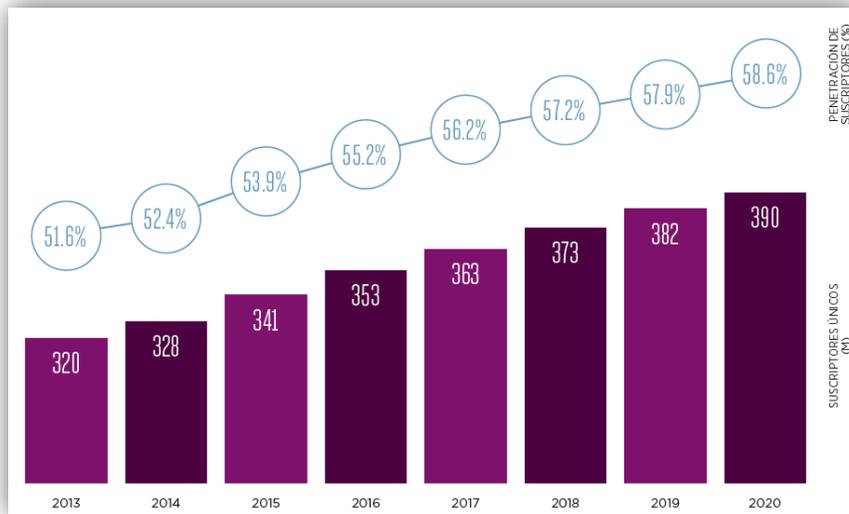
La empresa TIGO en El Salvador anuncio que para el 2015 realizaría inversiones aproximadamente \$100 millones, un porcentaje de este monto va dirigí a la modernización de infraestructura de red móvil a nivel nacional (Pastran, 2015).

Para competir en los servicios de telefonamos móvil, las empresas que prestan este servicio se ven obligadas hacer inversiones importantes en su infraestructura anualmente.

Lucas, (2015) afirma:

Una de las características que definen la industria de las telecomunicaciones es la inversión intensiva en capital...Entre 2009 y 2014, la industria móvil en Norteamérica invirtió 175,000 millones de dólares, y se estima que las inversiones lleguen a 260,000 millones de dólares en 2020. En promedio, los operadores en la región de América del Norte destinan 14% de sus ingresos en inversión en infraestructura, con un crecimiento anual compuesto de 8 por ciento. (s/p)

GSM Association, (2014) afirma que América Latina ha experimento un alto incremento en los suscriptores en telefonía móvil en los últimos años, siendo la tasa de penetración de suscriptores únicos para septiembre de 2014 del 52%, y se prevé que crezca a un ritmo inferior al 3% anual para el 2020. Para logra una mejor penetración se deberá evaluar la necesidad de conectar a las poblaciones que todavía no cuenta con este servicio en toda la región.



**Figura 3. Tendencia de suscriptores únicos en América Latina**

Fuente: (GSM Association, 2014)

En la Figura 3 se muestra la tendencia de la evolución en los suscriptores móviles y su porcentaje de penetración, desde el año 2013 al año 2020 y se estima que la penetración alcanzara el 60 % para finales el año 2020, este porcentaje estará por debajo del rango donde se tiende a estancarse crecimiento cuando el mercado se vuelve más maduros que es del 70 % u 80% de penetración.



**Figura 4. Inversiones de los operadores en América Latina**

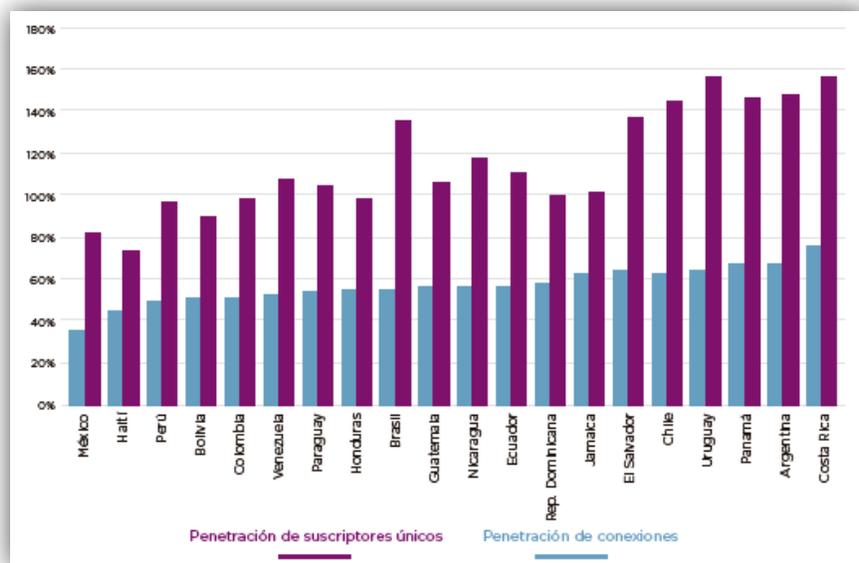
Fuente: (GSM Association, 2014)

En la Figura 4 se observa que del año 2008 al 2013 los operadores en América Latina han invertido total US\$96 mil millones y la proyección los próximos años hasta el 2020 alcanzan la suma de US\$193 mil millones, y sin lugar a dudas esta inversión estará destinada al despliegue de la tecnología LTE (4 G) (GSM Association, 2014).

Los operadores del sector han hecho y seguirán haciendo fuertes inversiones en sus redes para mejor cobertura, capacidad y calidad del servicio. Debido a estas fuertes inversiones que hacen las empresas de telecomunicación, se hace evidente la necesidad de optimizar los costos constructivos de la infraestructura de red móvil.

### 2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO-ENTORNO

La telefonía móvil en Honduras inició con CELTEL actualmente TIGO comenzando sus operaciones comerciales en septiembre de 1996, posteriormente a finales del 2003 comienza MEGATEL actualmente CLARO a dar servicio de telefonía móvil (Tabora, 2007). En el 2007 Hondutel y 2008 Digicel comienzan también proveer servicio de telefonía móvil; para caso particular de Digicel en Honduras actualmente no existe ya que fue absorbida por Claro en el 2012.



**Figura 5. Penetración de suscriptores únicos y conexiones, septiembre 2014**

Fuente: (GSM Association, 2014)

El porcentaje de penetración de suscriptores únicos móviles en Honduras esta abajo del 100% como se puede ver en la Figura 5, mientras los demás país de la región de centro amerita está arriba del 100% donde ya el mercado está saturado. En Honduras a pesar de los elevadísimos niveles de penetración de abonados en telefonía móvil, algunas personas no tienen aún del acceso a los servicios móviles, más que todo en las zonas rurales. Para hacerle frente a esta situación las empresas de telefonía móvil desarrollan proyector para expandir su cobertura y proveer de servicios en estas áreas del país (Balcáceres, Moreno, & Ibarra, 2015).

También se ha observado un crecimiento en la banda ancha móvil, por lo que lo usuarios están aumentado su consumo de dato, por lo cual en octubre del 2013 TIGO y CLARO pagaron \$24.1 millones a CONATEL para el uso y reserva del espectro radioelectrónico en la banda 1700/2100 MHz para el servicio de telefonía móvil en tecnología LTE (4G) y así poder ofrecerle a los usuario mayor velocidad de navegación (Romero, 2014). Como se ha podido observa en Honduras las empresas de telecomunicación a largo de los años han realizado fuerte inversiones de capital para expandir, mejorar y modernizar su red móvil.

### **2.1.3 ANÁLISIS INTERNO**

Las empresas de telecomunicación tienen sus especificaciones técnicas internas para el suministro y cimentación de torres. Estas normas internas establece los procedimiento y criterios de diseño para la torre y su cimentación basándose en la norma TIA-222-F, Código del AISC 9 y Norma del ACI 318; además estipula que su análisis estructura debe realizarse en el Software STAAD PRO (SERCOM, 2007). En la revisión de esta especificación no se hace hincapié de la importancia de proporcionar cimentaciones óptimas, por lo cual dependerá del proyectista si presenta o no una solución racional y optima que genere ahorros para la empresa de telecomunicación al final de cada proyecto.

En el caso de la empresa de telecomunicación que operan en Honduras y en el caso particular SERCOM de Honduras (CLARO) podría existir la posibilidad que varias de las cimentaciones diseñadas por sus proveedores para las torres no sea el diseño más racional y económico; por lo cual este trabajo pretende determinar cuál tipología de cimentación va más

acorde al tipo de suelo y que resulte en un ahorro en los costos finales sin sacrificar la seguridad y funcionalidad de la estructura.

## **2.2 TEORÍA**

En la actualidad existen numerosos libros y trabajos de investigación que abordan el tema del diseño de cimentación para diferentes tipos de estructuras y su optimización; pero para el caso específico de torres de telefonía móvil es muy escasa la literatura que trata el tema de diseño racional de cimentación para este tipo de estructuras.

### **2.2.1 TEORÍA DE SUSTENTO**

#### **2.2.1.1 OPTIMIZACIÓN Y RACIONALIZACIÓN DE CIMENTACIONES**

Un estudio realizado en España se basa en optimización del diseño de la cimentación para una reducción en los costos constructivos por medio del control de la cuantía de acero.

González (1995) afirma:

La zapata de hormigón en masa es la de mayor costo siempre. Es superior a la zapata optimizada de un 57% a un 64%. La zapata armada con cuantía mínima tiene un costo mayor que la zapata optimizada de 4,5% al 6,5 %. Tiene sin embargo la ventaja de cumplir las exigencias técnicas de adherencia, cortante y en su caso punzonamiento. (p.10)

También en España, en la Universidad Politécnica de Valencia, se realizó un estudio que trata el tema de la eficiencia económica y ambiental en zapatas combinadas haciendo uso de herramientas de automatización, donde se concluye que el mejor método heurísticos es algoritmo SA (cristalización simulada) y que la zapata combinada optima que se obtiene es insensible a una variación de precio ya sea del hormigo o del acero combinada (Fernández, 2011).

En Londres, Inglaterra se abordó la importancia del diseño óptimo de cimentación ya que su costo puede variar dentro del 5% al 20% de un edificación; en la investigación utilizan como tipología de cimentación los pilotes y la modelación la realizan por medio de elementos finitos para dos edificio de diferente altura, 16 piso y 31 pisos, concluyen en la importancia de utilizar algoritmos matemático para logras diseños más óptimo e indica que el beneficio en el costo

constructivo de un cimiento optimizado varía entre 7% al 33% comprado con diseño original, sin optimizar (Letsios & Lagaros, 2014).

En la Revista Ingeniería de Construcción (RIC) de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se publicó un artículo sobre la teoría de seguridad del diseño de cimentación.

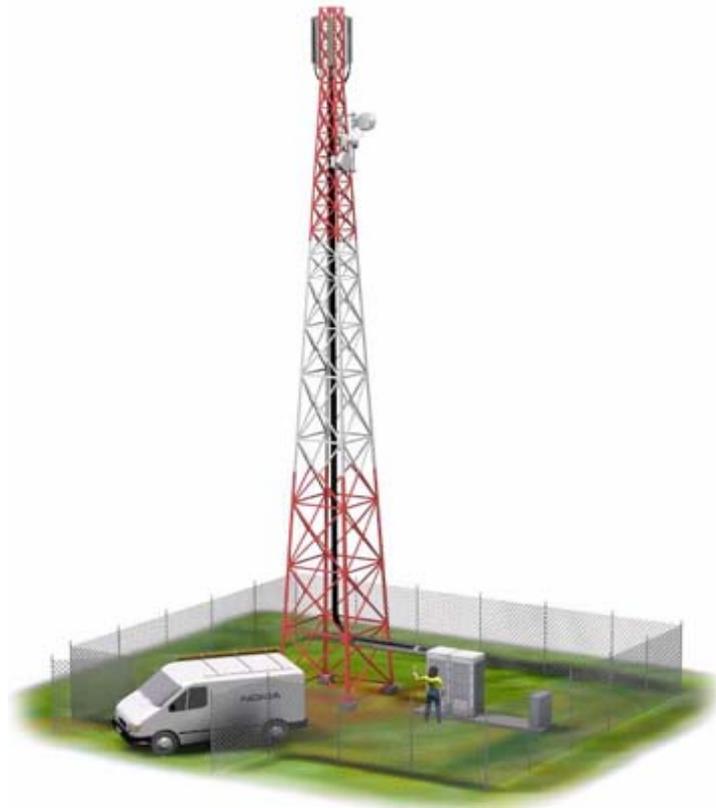
El costo de la racionalización de los métodos de diseño de cimentaciones es el aumento en su complejidad. Sin embargo, este costo se compensa con los beneficios en la reducción del conservadurismo, en el mayor entendimiento y en el aumento de la confianza en los diseños. El uso de la Teoría de la Seguridad es uno de los grandes pasos en la búsqueda de diseños más económicos y racionales. (Lorenzo, da Cunh, Hernandez, & Cobelo, 2013, p. 264)

En Honduras se efectuó pocas investigación respecto al diseño de cimentación y racionalización de las misma; Oliva, (2009) realizo una comparación de diseño de dos tipos de cimentación para una torre de telecomunicación, ubicada en El Carreto, Valle Honduras; el estudio analiza una cimentación aislada y una losa de cimentación concluyendo que en un estrato de suelo arenoso resulta más económico la utilización una cimiento aislado. También en Honduras se investigó sobre el diseño racional de cimientos aislados, Pinel & Rivera, (2007) concluyo que : "La rectangularidad para el caso en que domine el momento flector en una dirección debe ser menor que uno con el objeto de disminuir costos" (p. 30).

## **2.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN**

### **2.2.2.1 TORRES DE TELEFONÍA MÓVIL**

La empresa de telefonía celular requiere la construcción de estaciones bases, siendo esta un elemento importante de su red de móvil; estas estaciones base se ubican en lugares estratégicos para proveer cobertura de sus servicios móviles y de datos. Como se puede ver en la Figura 6 dentro de una estación base de puede identificar: (a) equipos de radio frecuencia (b) equipos de trasmisión (c) infraestructura para el montaje, funcionamiento y seguridad del equipamiento. Las torres forman parte de la infraestructura de la estación base, en la cual se montan las antenas sectoriales y microondas a diferentes alturas según el radio de cobertura que necesiten cubrir, estas estructuras son capaces de soportar las cargas de los equipos y de las fuerzas externas a las que se somete durante su vida útil, como son sismo y viento.



**Figura 6. Sitio o celda para telefonía móvil**

Fuente: (TraceRed, s/f)

El tipo de estructura de torre dependerá de las necesidades de la empresa y de las condiciones de su instalación, en las siguientes secciones se describe cada tipo de torre.

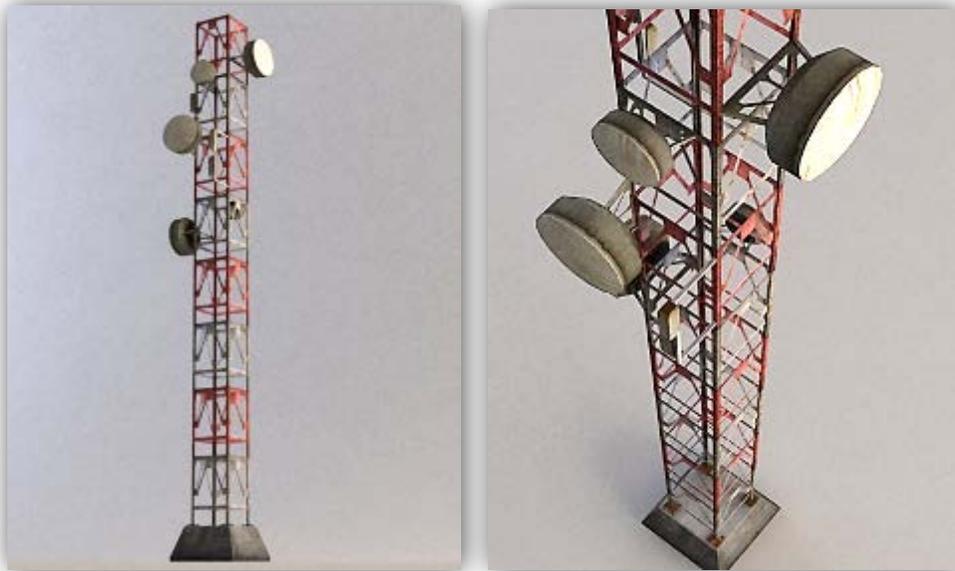
Torres autosoportadas: Se definen como aquella estructura metálica auto estable reticulada que se puede soportar por sí misma, es decir no requiere de elementos externos para sostenerse como es el caso de las torres atirantadas" (Vidal, 2011, p. 20). Estas pueden ser de sección transversal triangular o cuadrada, y sus alturas van de 12 mts hasta 130 mts.

Según se observa en la Figura 7, las torres triangulares tienen una geometría en elevación de forma piramidal y en planta triangular, sus patas esta conformadas por perfiles tubulares cilíndricos y el alma de angulares formado una celosía triangular.



**Figura 7. Torre autoportada triangular**

Fuente: (3d\_molier, 2008)



**Figura 8. Torre autoportada de sección cuadrada**

Fuente: (3d\_molier, 2008)

En la Figura 8 se muestra una torre auto-soportada de sección transversal cuadrada, está conformada sus patas y alma con perfiles angulares, y la altura máxima de este tipo de torres no sobre pasan los 42 mts.

Torres monopolo o tubular: De acuerdo con Vidal, (2011) este tipo de torre tiene altura desde 5 mts hasta 50 mts, con la opción de fabricarse de mayor altura. Los monopolo son muy conveniente cuando el espacio disponible para la construcción de la estación base es limitado, ya que la cimentación de estas estructuras es más pequeña que la requerida para torres autosoportadas.

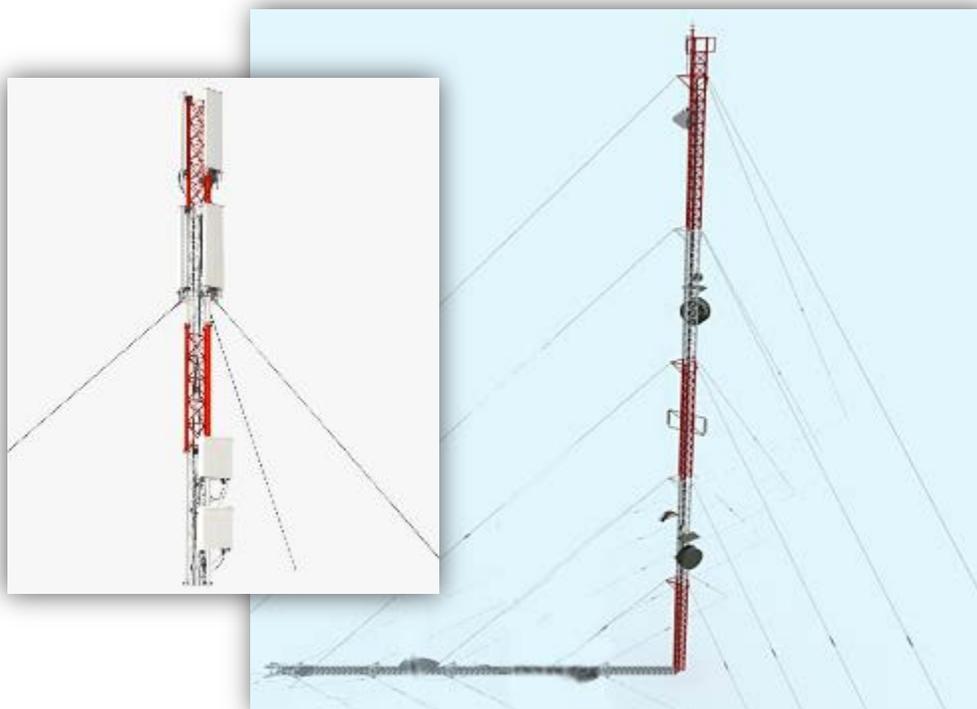


**Figura 9. Torre Monopolo o Tubular**

Fuente: (3d\_molier, 2008)

En la Figura 9 se presenta una torre tipo monopolo, se puede apreciar que su estructura consiste en tubos de sección circular, en elevación puede ser de sección constante o cónica.

Torres arriostradas: "Una torre arriostrada, se le denomina a aquella estructura metálica que requiere de arriostres para sustentarse, es decir, necesita retenidas en cada una de sus aristas y a diferentes alturas para mantenerse en pie" (Juárez, Allende, & Trejo, 2007, p. 104). Estas estructuras se pueden utilizar cuando es necesario instalar una radio base sobre la azotea de una casa o edificio siempre y cuando la altura de la torre no sobrepase los 18 mts. En el caso de torres de retenida de grandes alturas, mayor a 18 mts, se debe instalar en sitios don hay área extensa de terreno, ya que requiere grandes claros para posicionar las retenidas.



**Figura 10. Torre Arriostrada**

Fuente: (3d\_molier, 2008)

La Figura 10 se muestra una torre de retenida donde “estas estructuras son de sección triangular en planta y en elevación de sección constante y para su estabilidad estructural óptima deben contar con 3 y 4 retenidas” (TELCEL, 2006).

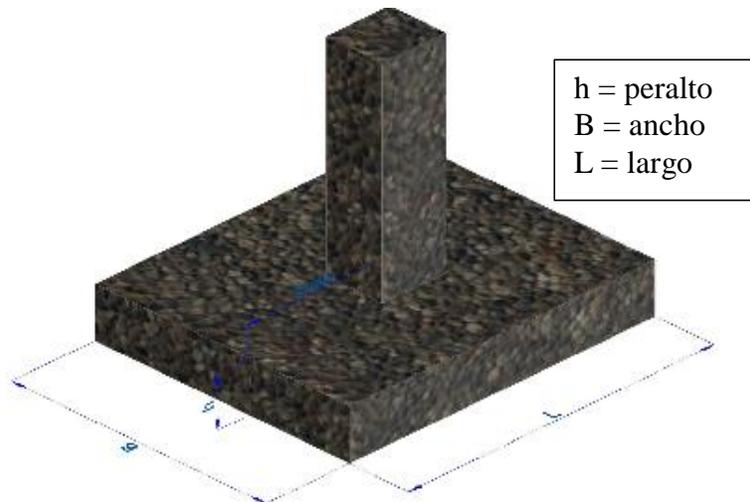
### **2.2.2.2 TIPOLOGÍAS MÁS COMUNES PARA LAS CIMENTACIONES DE TORRES DE TELEFONÍA MÓVIL.**

Existe varios tipologías de cimentaciones, los cuales dependen entre otras cosas de su forma de interactuar con el suelo, esto es, la manera en que transmiten al suelo las cargas que soportan; generalmente los diseños de las cimentaciones presentados por los fabricantes de las torres son los más grandes y más costos comparados con los diseños proporcionados por un consultor estructural propio de la empresa de telecomunicación que está adquiriendo la torre; esa diferencia se puede atribuir quizás a que el fabricante proporciona diseño más conservadores. Entre las cimentaciones más usadas para torres según DiGioia Jr, (2007); Morinaga, Kamiji, Imoto, Ogawa, & Iwamori, (2002) podríamos mencionar las siguientes:

- a. Zapatas individuales con pedestal.
- b. Losas de cimentación.
- c. Pilotes de concreto.

Zapatas individuales con pedestal: Es aquella cimentación en la que descansa o recae un solo pedestal por pata de la torre y trasmite a través de su superficie de cimentación las cargas al terreno. Se clasifican como cimientos poco profundos y en general la base será cuadrada, tanto por su facilidad constructiva como por la simplicidad del modo estructural de trabajo. El uso de esta tipología de cimentación tiene sus limitantes ya que se emplea por lo general cuando se tienen suelos con resistencias media a alta en relación con las cargas, además de que el suelo es suficientemente homogéneo para que no se presente asentamientos diferenciales muy altos que ponga en peligro la estabilidad de la torre (Lopez & Chagoyen, 2007).

Cuando se requiere grandes áreas de contacto en la base del cemento para lograr transmitir las cargas al suelo sin que se produzcan presiones excesivas, la solución con zapata individual se vuelve ineficiente, ya que se tratan de elementos que trabajan en voladizo en los que se presentan momentos flexionantes muy grandes por lo que para esta situación conviene recurrir a otra tipología de cimentación como ser losas o apoyarse en estratos más firmes por medio de pilotes (Piralla, 2008).

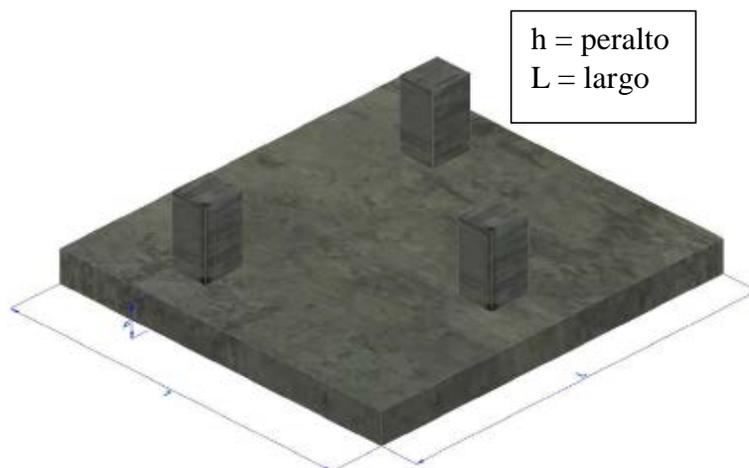


**Figura 11. Zapata individual con pedestal.**

Fuente: (Piralla, 2008)

En la Figura 11 se observa un zapata aislada de sección cuadra que consta de una losa simple y pedestal cuadrado, Nilson Arthur (2001) afirma: “el pedestal proporciona una transferencia de carga más favorable y en muchos casos se requiere con el fin de suministrar la longitud de desarrollo necesaria para los bastones” (p.90).

Losas de cimentación: “La losa de cimentación, algunas veces llamadas *placas de cimentación*, es una zapata combinada que puede cubrir el área entera bajo una estructura que soporte varias columnas y muros” (Das, 2006, p. 258).



**Figura 12. Losa de Cimentación.**

Fuente: (Das, 2006).

En la Figura 12 representa una losa de cimentación y constituyen un tipo de cimentación superficial donde recaen los tres pedestales donde se apoya cada una de las patas de la torre; es de forma cuadrada y cubre toda el área bajo la estructura; comúnmente se proyectan como losas planas de concreto y sin nervaduras.

Las losas de cimentación se utilizarán para reducir los asientos diferenciales en terrenos heterogéneos, o cuando exista una variabilidad importante de cargas entre apoyos cercanos. El sistema de cimentación por losa tiende a integrar estas heterogeneidades, aunque a cambio de una distribución irregular de las presiones de contacto cimentación-suelo. Esta tipología de cimentación también se puede emplear en los casos en que las cargas que provienen de la estructura son elevadas (provenientes de alturas de torre de 45 mts o más, y/ o de zonas de velocidades de viento de 90 mph o más) o bien la capacidad resistente en el suelo es tan pequeña (arcillas blanda y arenas suelta), que las zapatas aisladas van a cubrir más de la mitad del área de la estructura, es probable que una losa de cimentación resulte más económica que las zapatas aisladas.

Esta cimentación presenta como desventaja, que mientras más grande sea la losa más costosa resultan los procedimientos constructivos ya que se pueden lograr volúmenes altos de excavación y de igual forma volúmenes elevados de concreto para su fundición, en este caso pudiera ser preferible analizar la utilización de otra tipología de cimiento como puede ser los pilotes cortos. Aparte del costo de construcción podríamos mencionar otra desventaja, que este tipo de cimiento, al estar en contacto con el suelo una gran área de la losa, es necesario protegerla contra la acción de la humedad, la acción de los álcalis y la lixiviación entre otros fenómenos que puede afectar el buen funcionamiento de la cimentación.

Pilotes de concreto: "Los pilotes son elementos de cimentación de gran longitud, comparada con su sección transversal, que se hincan o se construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno" (Rodríguez, Serra, & Oteo, 1996, p. 179).

Piralla (2008) afirma: "Los pilotes se emplean cuando el terreno superficial tiene baja capacidad de carga, cuando se tienen requisitos muy estrictos de asentamientos admisibles y

cuando se quieren evitar cimentaciones muy voluminosas” (p. 578). Con respecto a las fuerzas a los que son sometido los pilotes se puede afirmar que:

Cuando están sometidas a fuerzas horizontales (...), las cimentaciones con pilotes resisten por flexión mientras soportan aún la carga vertical transmitida por la superestructura. Este tipo de situación se encuentra generalmente en el diseño y construcción de estructuras de retención de tierra y en la cimentación de estructuras altas que están sometidas a fuerzas grandes de viento y/o sísmicas. (Das, 2006, p. 564)

Los pilotes transfieren la carga al suelo de dos formas distintas, primero por la punta, en compresión, que se llama resistencia en punta ya que se apoyan en estratos de suelo muy firme, y segundo por esfuerzo cortante a lo largo de su superficie lateral llamado comúnmente fricción lateral ya que desarrolla su resistencia casi exclusivamente por adherencia y por rozamiento entre su superficie y el suelo adyacente (Quevedo, 2006; Piralla, 2008).



**Figura 13. Pilote corto de concreto.**

Fuente: (Piralla, 2008)

En la Figura 13 se muestra un pilote de concreto con campana en su parte inferior y generalmente este tipo de cimentación se excava manualmente y son colados en sitio, y esto se debe a lo difícil del acceso en las zonas donde se construyen las torres.

### 2.2.2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO

El diseño de cualquier cimentación requiere un conocimiento previo de las características del suelo de apoyo el cual se obtiene por medio reconocimiento geológico-geotécnico, con esta exploración se obtiene cierta información que es utilizada para:

- a. Determinar tipo y profundidad del cimiento.
- b. Capacidad de carga del suelo.
- c. Estimar asentamientos.
- d. Identificar el nivel freático.
- e. Estimar el empuje lateral del suelo, el cual es muy importante para diseño de muros de retención.
- f. Anticiparse a potenciales problemas en la cimentación y proveer así un sistema constructivo que los minimice o elimine.

Los parámetros de identificación son aquellos que permiten definir el tipo de terreno, como pueden ser las curvas granulométricas, los datos mineralógicos de la roca, los límites de Atterberg, etc. En el caso de los parámetros de estado se refieren a la estructura del terreno, el nivel freático del agua, la densidad y la humedad. Normalmente, los cálculos de comprobación asociados a los estados límite últimos requerirán el conocimiento de varias clases de parámetros como pueden ser la cohesión ( $C$ ), módulo de deformación general ( $E_o$ ), peso específico en estado natural ( $\gamma$ ), peso específico sumergido ( $\gamma'$ ), ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) etc.

Siempre es recomendable que los parámetros esenciales se determinen por varios procedimientos (ensayos «in situ» y en laboratorio, por ejemplo); ya que con esto se puede lograr mayor confiabilidad en los resultados. Los parámetros de resistencia a cortante de los suelos se determinarán mediante ensayos rápidos no drenados de cortante directo (laboratorio o «in situ»), triaxiales rápidos o ensayos de compresión simple, este último fundamentalmente para suelos cohesivos: en cambio los parámetros que definen la compresibilidad de los suelos se determinan mediante ensayos de consolidación, triaxiales, ensayos de placas o ensayos a presiométricos (Das, 2006).

#### 2.2.2.4 MÉTODOS DE DISEÑO DE CIMENTACIONES

La cimentación es aquella parte de la estructura que tiene como función transmitir adecuadamente las cargas que se presenta en la base de la estructura al suelo en que se apoya. Es evidente que para que una estructura ofrezca una seguridad y comportamiento razonable ha de contar con una cimentación adecuada, siendo la responsabilidad de su buen funcionamiento, del ingeniero que la estudia y proyecta. En el diseño de cimentaciones podemos definir claramente dos etapas:

- a. Diseño Geotécnico: Mediante el cual se determina el área de la base y la profundidad de cimentación; con el valor del área de la base obtenida del diseño geotécnico, es que debe pasarse a realizar el diseño estructural de la cimentación.
- b. Diseño Estructural: Se determinan el peralte, la cuantía, el diámetro, la cantidad de barras, y la posición del refuerzo, en caso que este sea necesario haciendo uso de Código ACI 318 (Quevedo, 2006c).

Para el análisis y diseño de estructuras se pueden identificar tres teorías o métodos de diseño y las cuales también son aplicable a las cimentaciones, y son los siguientes:

- a. Método de los esfuerzos admisibles.
- b. Método de los factores de seguridad.
- c. Método de los estados límites.

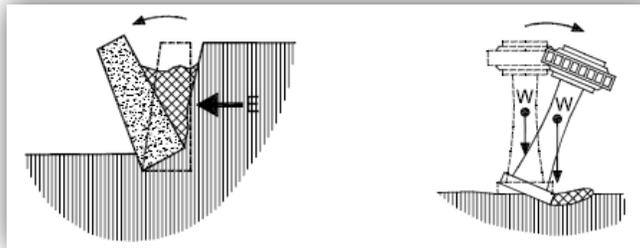
Método de los esfuerzos admisibles. En orden cronológico fue el primer método que se utilizó para el diseño de estructuras.

En este método, frecuentemente llamado WSD (Working Stress Design), se calculan primero las cargas muertas y vivas, llamadas cargas de trabajo o cargas de servicio, que han de ser soportadas. Luego se determina el tamaño de los miembros de la estructura, de manera que los esfuerzos calculados por medio del método de la sección transformada no excedan de ciertos valores límites o permisibles. (Mc Cormac & Brown, 2011, p. 63)

Las cargas en este método de diseño se tratan en iguales condiciones, sin tomar en cuenta su variabilidad individual, por tanto, cargas de servicio no permite una evaluación evidente del margen de seguridad. Nilson Arthur, (2001) Afirma: " Los esfuerzos se calculan con base en métodos elásticos, cuando en la realidad la resistencia de un elemento depende del comportamiento esfuerzo-deformación en el rango inelástico cercano y en la falla " (p.16).

Método del Factor de Seguridad Global (FSG). Este método consiste en llevar el diseño a una zona de comportamiento lineal, alejándolo así de la zona de falla esto se logra con la introducción de un factor de seguridad suficientemente grande (Quevedo, 2006).

Método de los Estados Límites. Es método basado en una combinación análisis elástico con un diseño plástico y por tal razón provee una mayor confiabilidad en el diseño, porque se ajusta más a la realidad del comportamiento de los materiales. González & Quevedo (2007) afirma: "Los Estados Límites se definen como las condiciones bajo las cuales una estructura o parte de ella no puede llegar a cumplir las funciones para las cuales fue proyectada". Este método se divide en Estados Límites Últimos y Estados Límites de Servicio o Utilización.



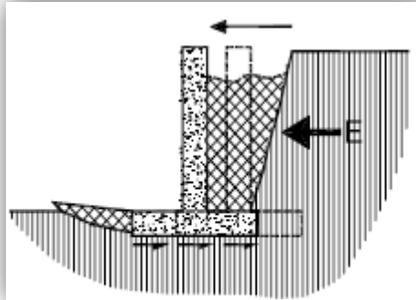
**Figura 14. Vuelco de estructuras**

Fuente: (Muelas, 2008)

*Estado limite último.* Para el diseño por este estado límite se utilizaran las cargas mayoradas de acuerdo con los coeficientes de mayoración que indique la norma o códigos con que se están diseñando y se deberá cumplir con los siguientes criterios según Quevedo, (2006c):

- a. Capacidad de carga: debe cumplirse que los esfuerzos que provocan las cargas provenientes de la estructura sean menores a la capacidad de carga que posee el suelo en el nivel donde se desplanta la cimentación.
- b. Vuelco: Se debe revisar que la combinación de carga sea segura al posible vuelco garantizando que la suma de los momentos estabilizantes sean menores o iguales a 1.5 veces la sumatoria de los momentos desestabilizantes, en la Figura 14 se aprecia mejor el concepto de vuelco de estructura:

- c. Deslizamiento: El suelo deberá tener la suficiente capacidad para equilibrar la componente horizontal de la resultante de los esfuerzos transmitidos de la estructura al terreno de forma oblicua sobre la superficie de contacto entre el cimiento y el suelo en 1.5 veces, este equilibrio se logra a la fuerza de rozamiento que existe en la interacción suelo-cimiento ver Figura 15.



**Figura 15. Desplazamiento de estructura**

Fuente: (Muelas, 2008)

SERCOM, (2007) indica en sus norma de torres que el factor de seguridad para el vuelco a utilizar es de dos, por consecuencia hay sobre diseño en la cimentaciones; con los otros dos criterio están de acuerdo a lo indicado diseño por primer estado limite.

*Estado límite de servicio.* Conocido también como estado límite de deformación o asentamiento, en este estado límite se utilizan las cargas de servicio o sea sin mayorarse; se deberán cumplir con las siguientes condiciones de las ecuaciones 1, 2 y 3:

$$\text{Asiento Absoluto: } S_{CA} \leq S_{LimA} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{Asiento Relativo: } S_{CR} \leq S_{LimR} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\text{Vuelco: } FS_{vuelco} \geq 3 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$S_{CA}$ : asentamiento absoluto del cimiento.

$S_{LimA}$ : asentamiento limite absoluto.

$S_{CR}$ : asentamiento relativo del cimiento.

$S_{LimR}$ : asentamiento limite relativo.

$FS_{Vuelco}$ : factor de seguridad al vuelco.

Se puede llegar al estado límite de servicio cuando se presentan los siguientes problemas en el suelo o la cimentación:

- a. Asentamientos diferenciales y totales. Un asentamiento diferencial entre dos fundaciones continuas de una misma torre puede producir ladeo de la estructura y podría llevarla a un posible volcamiento.
- b. Desplazamientos o levantamientos excesivos causados por suelos expansivos.
- c. Daños locales o generales causados por fenómenos de erosión interna, lixiviación o dispersión. Vibraciones excesivas causadas por estructuras o cargas móviles (motores o maquinas) que afecten el confort de los ocupantes.
- d. Daños locales en partes de la estructura por falta de juntas de expansión y de contracción (Quevedo, 2006d).

Es importante indicar que para esta investigación, el método que es utilizado para el diseño de los tres tipos de cimentación es el método de los estados límites, ya que consideramos que es el más adecuado para cumplir con los criterios de estabilidad, funcionalidad y seguridad que debe cumplir una estructura y el que más se apega a la realidad del comportamiento de los materiales.

#### **2.2.2.5 CARGAS DE DISEÑO**

Son las fuerzas externas e internas a que es sometida una estructura y que son transmitidas al suelo que lo sustenta a través de las cimentaciones, de acuerdo con su origen se clasifican en:

- a. Carga muerta (D)
- b. Carga de viento (W)
- c. Carga de sismo (E), esta no rige el diseño de cimentación.

Y de acuerdo a la forma o dirección que actúa, se clasifican en:

- a. Esfuerzo Normal ( $F_y$ ).
- b. Momento, este puede ser en una o en dos direcciones ( $M_x$  y  $M_z$ ).

c. Esfuerzo Cortante ( $F_x$  y  $F_z$ ).

En la Figura 16 se presenta un esquema de las fuerzas resultantes que transfiere la torre hacia la cimentación debida a la carga muerta, de viento o de sismo, con condición de apoyo articulado.

Las acciones debidas a la superestructura no siempre se presentan simultáneamente, como es el caso de las torres telefonía móvil donde solo existen esfuerzos normales y de cortante, esto a consecuencia de que en la modelación para el análisis estructural de las torres se consideran que los apoyos son articulaciones en todas sus patas por lo cual no hay presencia de momento.

### 2.2.2.6 NORMAS, CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Para el diseño de cimentación se requiere la utilización de normas de diseño que garanticen la seguridad y funcionalidad de la estructura, por tanto, para este trabajo de investigación se utilizaron las siguientes normas y especificaciones.

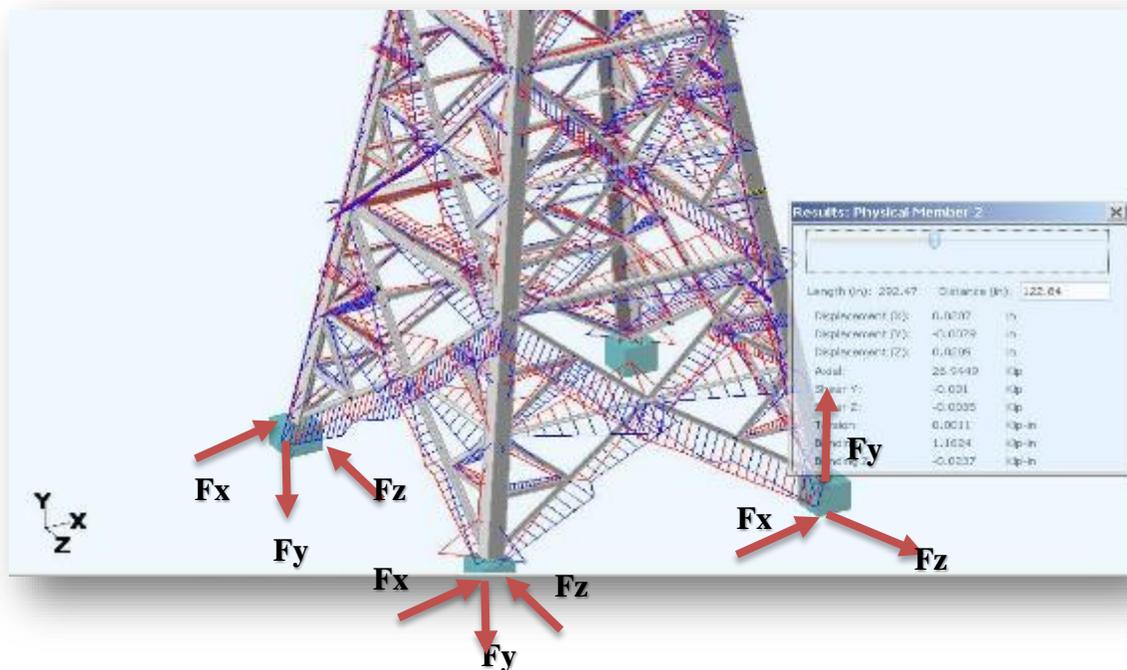


Figura 16. Esquema de fuerzas resultantes en la base de la torre

Fuente: (Bentley Systems, 2015)

Norma ANSI/EIA/TIA-222- G: La Asociación de Industrias Electrónicas (EIA, Electronic Industries Alliance) y la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones (TIA, Telecommunications Industry Association) son asociaciones que desarrollan y publican juntas una serie de estándares que abarcan el diseño estructural de torres metálicas que soportan antenas; en esta norma se indica como determinar las cargas que actúan sobre la estructura, también da la guía para la fabricación, instalación, cimentación y mantenimiento de la torre (TIA/EIA, 2014).

Código de construcción del ACI 318-11. Este el Código Internacional de Construcción que publica el Instituto Americano del Concreto (ACI) y en este se establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los materiales y el diseño de estructuras de hormigón. (Comité ACI 318, 2005) "Los Estados Unidos y más de 22 países de todo el mundo basan sus códigos nacionales de construcción por la totalidad o parte de ACI 318, y el documento se utiliza en todo el mundo".

Código hondureño de la construcción (CHOC). Es el reglamento oficial del país para la construcción. "Describen requisitos generales de diseño aplicables a todas las estructuras reguladas por este código" (Valladares et al., 2000).

Especificaciones técnicas para torres autoportadas Sercom Honduras. Este documento son las especificaciones elaboradas internamente por Sercom de Honduras para el suministro e instalación de torres de telefonía celular. En ella se estipula los requisitos de diseño estructura que debe cumplir la torre y su cimentación.

#### **2.2.2.7 ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (MEF)**

El método de elementos finito (MEF) está fundamentado en modelos matemáticos a partir de la integración de ecuaciones diferenciales, que permite determinar los esfuerzos y deformaciones que se producen en las estructuras; este método permite que se planteen una serie de ecuaciones simultáneas haciéndose necesario la discretización del elemento estructural, por lo cual este elemento se divide en un sistema equivalente de varias unidades más pequeñas (elemento finitos) que están interconectados entre sí en uno o más puntos conocidos como nodos.

En cada uno de los elementos finitos se determina el desplazamiento a partir de la aplicación las ecuaciones de equilibrio y compatibilidad nodal, se logra dar solución al problema en su conjunto desde el punto de vista esfuerzo-desplazamiento que es la ecuación 4 y esfuerzo-deformación que se presenta en la ecuación 5 (Gallegos, 2009; FEM Expert, 2014).

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\sigma_x = E\varepsilon_x \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$\varepsilon_x$  = Deformación unitaria.

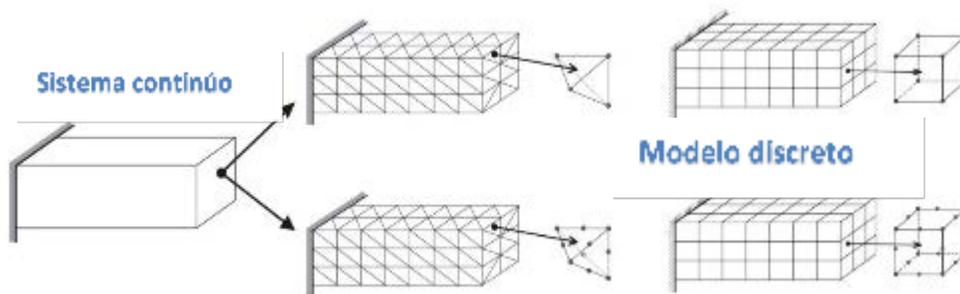
$du$  = Desplazamiento unitario

$dx$  = Diferencia de longitud del elemento en dirección x.

$\sigma_x$  = Esfuerzo a tensión.

$E$  = Modulo de elasticidad del material.

En la actualidad para dar una solución práctica al análisis estructural por medio de elementos finitos se hace necesario la utilización de herramientas computacionales y software que simplifica el proceso de diseño.



**Figura 17. Proceso de discretización de un elemento continuo**

Fuente: (FEM Expert, 2014)

En la Figura 17 se muestra el proceso la discretización de un sistema continuo en un medio discreto, la cual se presenta elementos finitos de forma piramidal o hexaédricos, ambas formar con o sin nodos intermedios por cada arista. "El MEF se basa en la separación por medio de líneas y superficies imaginarias del medio continuo generando formas geométricas sencillas y normalizadas" (FEM Expert, 2014, párr. 7).

Para el caso del análisis y diseño de cimentación por medio del método de elementos finos, se requiere modelar la interacción de suelo con la estructura de cimentación, y esto se logra suponiendo un suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos, cuya rigidez es denominada como módulo o coeficiente de balasto ( $K_s$ ), y es la relación entre la presión de contacto ( $q_a$ ) y el asentamiento ( $\delta$ ), ver ecuación 6:

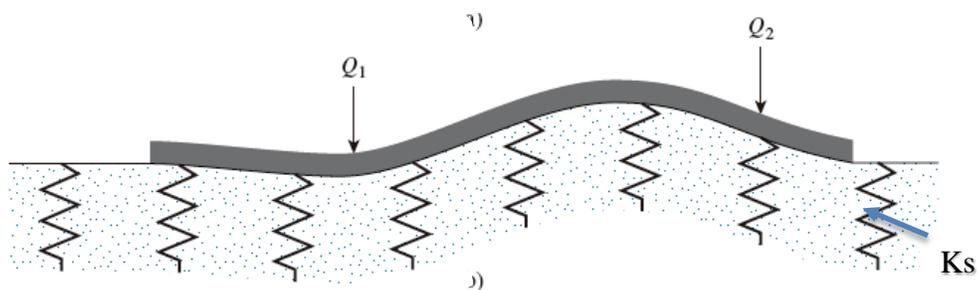
$$K_s = \frac{q_a}{\delta} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$K_s$  = Coeficiente de balasto.

$q_a$  = Presión admisible del suelo.

$\delta$  = Asentamiento del suelo.



**Figura 18. Modelo de método diseño flexible aproximado**

Fuente: (Das, 2006)

En la Figura 18 se muestra el modelo de apoyo sobre el suelo mediante un sistema de resortes, a esta suposición también se le es conocido como cimentación Winkle y como se

mencionó anteriormente la costaste de elasticidad de estos resortes se le refiere como coeficiente de balasto o coeficiente de reacción de la subrasante  $K_s$  (Das, 2006).

### **2.2.2.8 PROGRAMAS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL**

CSI SAFE 2014: SAFE (Slab Analysis by the Finite Element Method), es un programa que automatiza el análisis y diseño de losa de concreto y cimentación. SAFE basa el análisis de la estructura por medio de los elementos finitos, la discretización o enmallado lo hace automáticamente, basándose en la dimensión máxima del elemento especificado por el usuario. La modelación de la cimentación toma en cuenta la interacción suelo-estructura por medio de la rigidez a compresión del suelo, a continuación, se detalla las características del programa con respecto a las cargas y el análisis estructural:

#### Cargas

- a. Cargas puntuales, lineales, trapezoidales y de superficie.
- b. Distribución de cargas para los elementos frame con base en las áreas de influencia de los elementos shell.
- c. Aplicación automática de cargas de viento y sismo para varias reglamentaciones.
- d. Cargas aplicadas con base en funciones de variación (“Load Patterns”).
- e. Desplazamientos impuestos.

#### Análisis

- a. Motor de análisis de SAPFire.
- b. Análisis modal por auto valores y vectores de Ritz.
- c. Análisis dinámico por espectros de respuesta.
- d. Varios métodos de combinación modal.
- e. Varios métodos de combinación direccional.
- f. Análisis de la vibración.
- g. Control de deformación (CSI, 2014).

En el diseño de cimentación con este programa el único parámetro de suelo que se requiere es el coeficiente de balasto, para lo cual la compañía Morrison & Morrison Ingenieros,

Coordinadores del CSI Latinoamérica, proporcionan la tabla para uso con el SAFE. La tabla contiene diferentes valores del coeficiente balastro ( $K_s$ ) en función de la resistencia admisible del suelo ver Anexo 1.

Según CSI, (2014):

Los valores de esta tabla son para una superficie de apoyo (Área) Estos valores son los que hay que darles al SAFE (no requieren ninguna Modificación). Estos Valores de la constante elástica del terreno están dados en  $\text{Kg}/\text{Cm}^3$  y la Resistencia del suelo debe ser en  $\text{Kg}/\text{Cm}^2$ . Esta tabla es un resumen de diferentes trabajos en mecánica de suelos que han realizado el Prof. Terzaghi y otros cinco Ingenieros connotados (en diferentes épocas). Esta tabla se extrajo de la Tesis de maestría “Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler”, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona-España. 1993 (Autor Nelson Morrison). (párr. 1)

STAAD.PRO: Es un software de ingeniería para el análisis y diseño estructural con aplicaciones principalmente en el sector de la construcción de edificios, puentes, estructuras industriales, presas, muros de contención, cimentaciones de turbinas, alcantarillas etc. y usando materiales como acero, hormigón, madera y aluminio. Tiene la capacidad para realizar análisis avanzados como ser, estático lineal, espectro de respuesta, tiempo-historia, análisis de carga de pandeo, cable, pull over y análisis no-lineal (Bentley Systems, 2015).

### **2.2.2.9 MODELACIÓN DE TORRE AUTOSOPORTADA 60 MTS Y 90 MPH**

Para efectos de este trabajo, se nos proporcionó una torre modelada y analizada en Staad.PRO del fabricante AJ Ingeniero la cual cumple con especificaciones de diseño de CLARO y la misma ya fue revisada y aprobada por esta empresa de telecomunicación. En esta sección detallaremos lo aspectos más importante que indica las especificaciones de Claro con respecto al análisis y diseño de las torres, para para detalles la especificación completa se encuentra en el anexo 2.

Códigos o normas a utilizar:

- a. TIA/EIA -222-F para condición con viento
- b. AISC-89 ASD para diseño por esfuerzos de trabajo
- c. AISC-98 LRFD para revisión por resistencia para sismo
- d. ACI-318-05 para diseño de cimentación
- e. ASTM A-123 (norma de galvanizado)
- f. Reglamentos de construcción de cada país

Elementos estructurales y secundarios de las torres: se podrán modelar de dos formas: como armaduras en 3-d con todos los elementos trabajando a carga axial, o bien como una combinación de elementos que trabajan a carga axial, corte y momentos flexionantes (los montantes o patas) con elementos que trabajan solo a carga axial (las diagonales o breizas).

Velocidades de viento para el diseño estructural de las torres:

- a. Velocidad básica de viento de 70 mph
- b. Velocidad básica de viento de 90 mph
- c. Velocidad básica de viento de 125 mph

Aditamentos discretos:

- a. 9 antenas celulares, se debe contar con soportes para instalar 3 antenas por cada sector.
- b. 4 antenas de microonda con radome.

Aditamentos lineales:

- a. Cables de RF
- b. Escalera de ascenso

Combinaciones de cargas para diseño estructural:

- a.  $U = 1.0$  carga muerta +  $1.0$  viento.

Según norma TIA/EIA-222-F, requiriendo como mínimo dos direcciones de viento en cada una de las caras: una normal a la cara y otra a 60 grados para las torres triangulares.

- b.  $U = 1.2$  carga muerta +  $1.0$  sismo
- c.  $U = 0.9$  carga muerta +  $1.0$  sismo

Especificaciones de materiales

- a. Los tubos acero ASTM A53 grado B, ASTM A500 grado B, ó ASTM A572 grado 50.
- b. Los perfiles angulares deben acero ASTM A36 ó ASTM A572 Grado 50.

- c. Toda la tornillería ASTM A325 ó SAE J429 grado 5 (equivalentes a ASTM A449) para las conexiones principales y A-394 para las conexiones secundarias.
- d. Los pernos de anclaje en la base pueden ser tipo ASTM F1554 grado 55 ó grado 105, pernos SAE 1045 ó ASTM A354 GR BC.
- e. Los electrodos para la soldadura deben ser del tipo E70-XX (SERCOM, 2007).

En el anexo 3 se presenta la memoria de cálculo de la torre de AJ Ingenieros de 60mts y 90 MPH, de la cual se obtuvieron las cargas que actúan sobre la cimentación y que fueron utilizadas para el análisis y diseño de los casos de estudio de esta tesis.

#### **2.2.2.10 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES POR ESTADOS LÍMITES.**

Se considera que una cimentación es superficial si su profundidad no es mayor que 3 metros, esto significa que la excavación hecha en el suelo para su construcción no rebasa esa altura. Este estudio está basado en el diseño cimentaciones superficiales y se definieron las siguientes tipologías:

1. Zapatas Aisladas.
2. Losas de Cimentación.
3. Pilotes.

Para el diseño por estabilidad (1er. Estado Límite ) utilizarán las cargas de cálculo en sus combinaciones pésimas, determinadas a partir de sus valores normativos, aplicándose los coeficientes seguridad establecidos, para el caso de la cimentación de torre el coeficiente aplicar serán el indicado en el Código ACI 318-11 en el capítulo 9 en su inciso 9.2.1, según como lo indica la especificaciones técnicas de CLARO; para el diseño se deberá considerando las posibles combinaciones de cargas en las que intervienen la carga muerta (D) y la cargas accidentales de viento (W) A continuación se prestan las ecuaciones 7, 8, 9, 10 y11 para la combinación de cargas que estipula en código ACI 318-11 para el cálculo de la resistencia última (U):

$$U = 1.4D$$

Ecuación 7

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (1.0L \text{ o } 0.5W) \quad \text{Ecuación 8}$$

$$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R) \quad \text{Ecuación 9}$$

$$U = 0.9D + 1.0W \quad \text{Ecuación 10}$$

Para el diseño por deformación (2do. Estado Límite) se utilizarán las cargas con sus valores normativos, en sus combinaciones pésimas, la resistencia ultima se calculará con la ecuación 11.

$$U = D + W \quad \text{Ecuación 11}$$

#### **2.2.2.11 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LAS TIPOLOGÍAS DE CIMENTACIÓN A DISEÑAR**

En esta sección se describen los procesos constructivos para cada tipo de cimentaciones más utilizadas para las torres de telefonía móvil; con esta información se logró visualizar las actividades que requieren realizarse para construir este tipo de estructuras de cimentación y con ello se logró determinar cuáles son las actividades más relevantes que se incluyeron para el análisis técnico-económico y que tiene una alta influencia el precio final del cimientto.

En la Figura 19 se muestra el proceso de construcción del conjunto de zapata aislada cuadrada para una torre triangular, comenzando con la excavación, siguiendo con el armado, encofrado, colado del concreto y finalmente la compactación del relleno de material que esta sobre la base de la zapata aislada.



Excavación manual o con maquina



Armado del acero de refuerzo



Encofrado



Colado del concreto en sitio



Compactado material de relleno

**Figura 19. Proceso constructivo zapata aislada para torre triangular**

Fuente: (Metalco Ltda, 2013)



**Figura 20. Proceso constructivo losa de cimentación para torre triangular**

Fuente: (Metalco Ltda, 2013)

En la Figura 20 se muestra las actividades constructivas que requiere la losa de cimentación para una torre de telefonía móvil tipo triangular.



**Figura 21. Proceso constructivo del pilote para torre triangular**

Fuente: (Metalco Ltda, 2013)

En la Figura 21 se muestra el proceso de construcción de los pilotes para una torre triangular, estos se realizan por medio de excavación manual y son colado en sitio.

#### **2.2.2.12 METODOLOGÍA DEL CÁLCULO DE COSTO EN CIMENTACIONES.**

La determinación de los costos para cada tipo de cimentación se basó solo en las actividades más relevantes como ser la excavación, concreto, relleno, encofrado y acero estructural; esto con el objetivo de facilitar la comparación de costos de los casos de estudio. No

se tomó en cuenta los sobrecostos de traslados de personal, acarreo de materiales o supervisión. Se utilizaron fichas de costos elaboradas en Excel para cada una de las actividades constructivas mencionadas anteriormente (Delgado, 2012).

Excavación: Calculo del volumen de excavación con los parámetros de profundidad y área de la cimentación obtenida del diseño geotécnico. Costo de excavación se basará en mano de obra y herramienta menor ya que por lo general las torres están en lugares donde es muy difícil el acceso de maquinaria. (\$/m<sup>3</sup>).

Cantidad de excavación.

Costo a considerar = (Precio / m<sup>3</sup>)\* (Cantidad a utilizar)

Concreto: Calculo del volumen de concreto por metro cubico con los parámetros de espesor y área de la cimentación obtenida del diseño geotécnico y dimensión de pedestal del diseño estructural. Fijando como F'c: 250. Kg/cm<sup>2</sup>. Costo de concreto se basará en la elaboración con concretera y mano de obra más costo de materiales como cemento, arena y grava (\$/m<sup>3</sup>).

Cantidad de concreto a utilizar

Costo a considerar = (Precio / m<sup>3</sup>)\* (Cantidad a utilizar)

Acero de refuerzo: Calculo del armado de acero obtenido del diseño estructural. Fijando como parámetro acero grado 60 y precios por diámetro de varilla. Costo del acero precios basado por peso, Mano de obra precio por peso en kilogramo. (\$/kg)

Cantidad de acero estructural incluyendo desperdicio por dimensiones.

Costo a considerar = (Precio / kg)\* (Cantidad a utilizar)

Relleno: Calculo del volumen de material que se utiliza como relleno sobre la losa de cimentación y zapatas aisladas, haciendo uso del material excavado en sitio, la ficha de costo incluye mano de obra y herramientas. (\$/m<sup>3</sup>)

### 2.2.2.13 ÍNDICES TÉCNICOS ECONÓMICOS.

La teoría sobre la evaluación de la eficiencia de las tipologías para la cimentación de torres de telefonía móvil plantea la utilización de los llamados Índices Técnicos Económicos (ITE).

Santana, (1996) afirma:

En la producción de construcciones los índices técnico – económicos (ITE) sirven para establecer las necesidades en recursos financieros, materiales, mano de obra o equipos, para ejecutar una unidad de medida determinada.....Los ITE se clasifican a partir de diferentes parámetros:

- a. Por su forma de obtención: de proyectos; de ejecución.
- b. Por la unidad de medida de referencia: técnicos; de función; de fin y de valor.
- c. Por su contenido: de materiales; de mano de obra; de equipos; financieros.
- d. Por su alcance: específicos; globales. (p. 1)

Con los ITE's se puede juzgar de manera objetiva la eficiencia técnico-económica de las soluciones constructivas, del empleo de nuevos materiales, de la utilización o disminución de uso de materiales críticos o de equipos deficitarios, etc., los ITE cobran una relevante importancia, ya que en la medida en que expresen las necesidades y por tanto caractericen dichas soluciones, permitirán efectuar una comparación entre estas y definir cuáles o cuál será la solución óptima o más racional en cada tipología de cimentación.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología que se utilizó en el desarrollo de la investigación; se describe las hipótesis, enfoque, métodos, instrumentos, técnicas y las fuentes de.

### 3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

#### 3.1.1 LA MATRIZ METODOLÓGICA

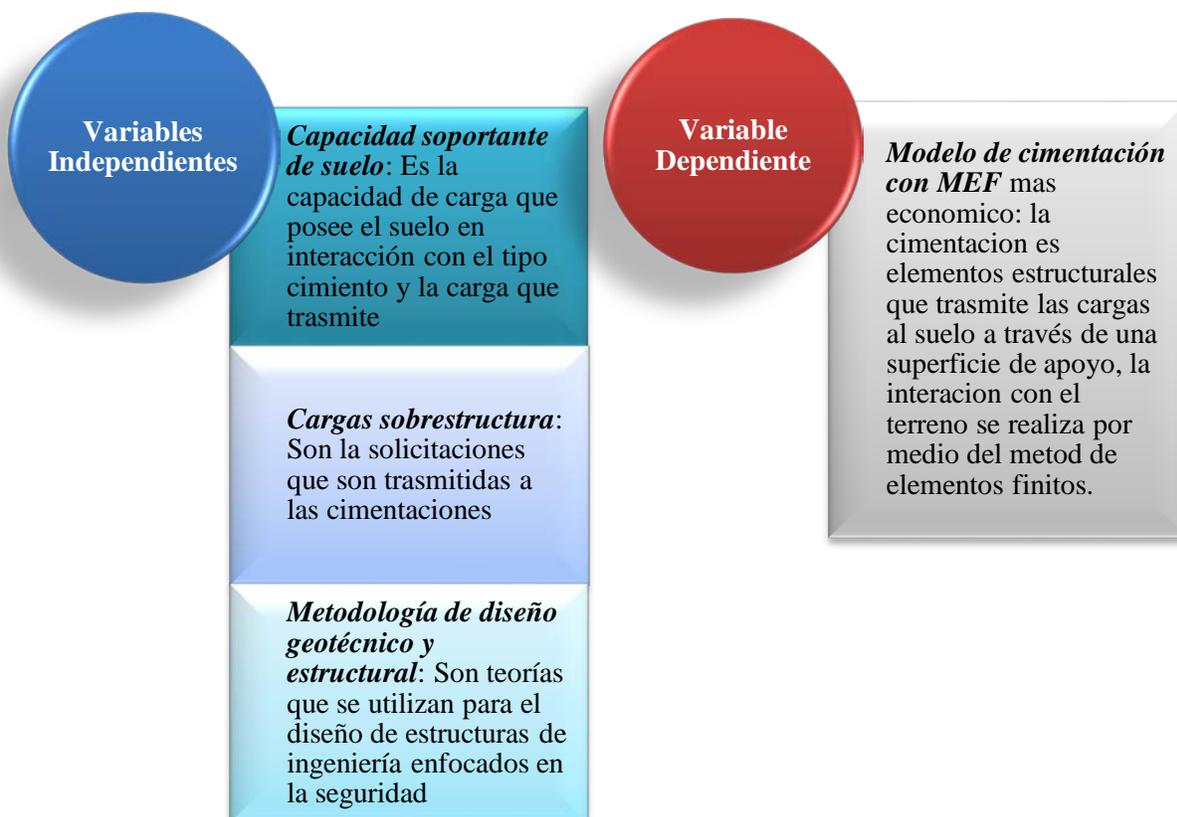
En la Tabla 1 se muestra la matriz metodología que se planteó para el proyecto de tesis, en ella se muestra la correlación y la secuencia lógica de los elementos de investigación.

**Tabla 1. Matriz Metodológica**

Titulo	Problema	Pregunta de investigación	Objetivos		Variable	
			General	Específico	Independiente	Dependiente
Racionalización de cimentación para torres de telefonía móvil	No se tiene iniciativa para la optimización económica las estructuras de cimentación para torres de telecom	¿Existe sobre diseño en las cimentaciones realizadas hasta ahora por las empresas fabricantes de torres?	Contribuir a optimizar la inversión en cimentación de torres para telefonía móvil mediante uso de modelos por el método de elemento finito, a fin de racionalizar las cimentaciones y hacer más eficiente el uso del recurso técnico, material y económico	Identificar las posibles variantes de tipología de cimentación a ser analizadas y los factores que influyen.	Capacidad soportante de suelo	Modelo de cimentación con MEF más económico
		¿Cuáles son las tipologías más económicas para bases de cimentación de torres de telefonía móvil?		Recopilar las memorias de revisión estructural realizada a las torres de telefonía móvil de Honduras para determinar las solicitaciones que se transmiten a los cimientos para variante de torre elegida.	Cargas diseño	
		¿Cuál es la metodología o procedimientos de diseño de los diferentes tipos de cimentaciones utilizadas en torres de telefonía móvil a la luz de los conocimientos actuales?		Aplicar los resultados del estado del conocimiento actual en la temática del diseño geotécnico y estructural para la racionalización de los diseños de cimentaciones.	Metodología de diseño geotécnico y estructural	
		¿Cuáles son los Índices Técnicos-Económicos (ITE's) para cada tipología de cimentación?		Analizar los diferentes diseños en cimentaciones para torres que se usan actualmente. Realizar comparaciones entre cada una de las soluciones de diseño para cimentación de torres de telefonía móvil.	Precios unitarios por tipo de cimentación	
				Proponer una modelización por método de elemento finito (MEF) para un diseño estandarizado, geotécnico y estructural para las cimentaciones de torres de telefonía móvil, que permita la optimización de costo para las empresas de telecomunicaciones.		

### 3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Este proyecto de tesis no requiere la operacionzalización de la variable, ya que no fue necesario la realización de encuesta o entrevista, ya que esta investigación es de tipo técnica-financiera, la cual consistió en recolectar, revisa y analiza información referente al diseño de cimentación, para llegar a presentar alternativas técnicas-económicas óptimas.



**Figura 22. Definición de las variables independiente y la variable dependiente.**

En la Figura 22 se presenta un concepto sintetizado de cada una de las variables independiente, además de una definición general de la variable dependiente, estas definiciones nos ayudan a comprender el problema de estudio y dar la respuesta al mismo.

### 3.1.3 HIPÓTESIS

Las cimentaciones de torres telecomunicación pueden ser más económicas, que las que se construyen actualmente.

La Hipótesis es de tipo descriptiva, según Bernal, (2010) “Hipótesis descriptivas: aquellas hipótesis o suposiciones respecto a rasgos, características o aspectos de un fenómeno, un hecho, una situación, una persona, una organización, etcétera”.

### **3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS**

La línea de investigación es de tipo gerencial en área de ingeniería de infraestructura. Esta investigación está basada en el método científico y con un enfoque de tipo cuantitativo ya que "implica la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías" (Chávez & Zelaya, 2015). Los métodos aplicados en esta investigación son:

Método deductivo: ya que parte de los datos generales como teorías, normas, códigos y especiaciones referentes a las cimentaciones para llegar a obtener datos o resultados de un diseño de cimentación particular como ser zapatas, losas o pilotes, y con este resultado se puede dar validez a la hipótesis.

Método histórico: implica que se investigará la evolución y la realidad actual de las telecomunicaciones, los antecedentes de trabajos relacionados a la optimización y racionalización de cimentaciones.

Método descriptivo: se definieron los tipos de torres de telefonía móvil más comunes, además se presentaron los conceptos, propiedades y características más importantes que involucra el proceso de análisis y diseño de cimentaciones.

Método analítico: implicó descomponer el costo total de la cimentación en cuatro actividades constructivas más importantes como ser acero, excavación y concreto, para realizar el análisis técnico-económico y determinar la solución más racional.

### 3.3 MATERIALES

Para la recolección de información y realizar la investigación se necesitaron los siguientes recursos:

- a. Recurso material: diversos tipos de material de oficina como papelería y lápices, material impreso, calculadora.
- b. Recurso financiero: se usó recurso monetario para pago de material de oficina, matrícula universitaria, gasto de transporte, gasto de imprenta.
- c. Recurso tecnológico: Computador y programas de diseño estructural.
- d. Recurso humano: apoyo por parte del asesor temático y metodológico.

### 3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es de tipo no experimental y el tipo de estudio es correlacionales ya que se da una explicación y se cuantifica la relación que hay entre las variables independientes y variable dependiente ya definidas en la sección 3.1.2. En la Figura 23 se presenta las etapas que se siguieron para dar respuesta al problema de investigación y alcanzar los objetivos planteados inicialmente.



**Figura 23. Etapas del diseño de la investigación**

Actividades en el Marco Teórico:

- a. Revisión Bibliográfica sobre mecánica de suelo y diseño de cimentaciones.
- b. Se recopiló información sobre la temática de este trabajo a nivel internacional.
- c. Se definió el tipo de torre que se usó para los casos de estudio.
- d. Se definió los tipos de cimentación que fueron los casos de estudio.
- e. Se identificaron las expresiones de cálculo para el análisis y diseño de cada tipología de cimentación.

Actividades en Resultados y Análisis

- a. Se identificaron las cargas de diseño a que está sometida la cimentación debido a la sobre estructura, las cuales fueron obtenidas de la memoria de calculo que presentaron los proveedores de torres.
- b. Se modeló, analizó y diseñó por medio de software para ingeniería civil cada tipo de cimientto.
- c. Se elaboraron fichas de costo para determinar los precios unitarios para las actividades constructivas de una cimentación.
- d. Comparación y análisis de los resultados técnico-económicos obtenidos en los diseños de cimentación para determinar cuál sería la cimentación más racional.
- e. Se plantearon las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

### **3.4.1 POBLACIÓN**

La Población o universo se define como el conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio (Bernal, 2010). La población son las tres empresas de telecomunicación como ser TIGO, SERCOM (CLARO) y HONDUTEL.

### **3.4.2 MUESTRA**

Se define como muestra “la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio” (Bernal, 2010, p. 160). La muestra para esta investigación fueron las tres cimentaciones más comunes para torres de telefonía móvil de 60 mts de altura y que soporta vientos de 90 MPH de la empresa SERCOM (CLARO).

### **3.4.3 UNIDAD DE ANÁLISIS**

La unidad de análisis, “es comprendido como un sistema integrado que interactúa en un contexto específico con características propias. El caso o unidad de análisis puede ser una persona, una institución o empresa, un grupo, etcétera” (Bernal, 2010, p. 116). Para este estudio se definió como unidad de análisis los tipos de cimentación para torres que se utilizan en la empresa de telecomunicación.

### **3.4.4 UNIDAD DE RESPUESTA**

La unidad de respuesta serán Dólares (US\$).

## **3.5 INSTRUMENTOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS**

### **3.5.1 TÉCNICAS**

La modalidad del diseño de investigación es documental ya que se basó en búsqueda, recolección, análisis e interpretación de datos secundarios como son los estudios de suelo, memorias de cálculo de torres, especificaciones técnicas etc. Para la recolección de estos datos se utilizó las siguientes técnicas:

- a. Análisis documental.
- b. Observación.
- c. Análisis de registros estadísticos.

### **3.5.2 INSTRUMENTOS**

Los instrumentos que se utilizaron para las técnicas planteadas en la sección anterior son:

- a. Fichas de costos.
- b. Computadora y programas de diseño estructural.
- c. Libreta de notas.
- d. Libros, revistas, informes, manuales, especificaciones técnicas.
- e. Lista de referencia bibliográficas.
- f. Cuadros y gráficas estadísticos.

### **3.5.3 PROCEDIMIENTOS**

Análisis documental: se procedió a recopilar, seleccionar y analizar la información encontrada en libros, revista, informes, manuales, especificaciones técnica, códigos etc., que abordan los temas de diseño de cimentación, optimización de estructuras, diseño racionales, torres de telefonía móvil, precios de mercado de materiales y manos de obra, programas de diseño etc.; esta información se utilizó como base para el marco teórico, su aplicabilidad en capítulo de análisis resultados y finalmente se elaboró la lista de referencia bibliográfica.

Observación: en la etapa de diseño de cimentación por medio del programa de estructuras, se fue observando el comportamiento del suelo a medida que se iba variando las dimensiones de la base de la cimentación según la tipología estudiada, con ello se logró establecer una base óptima.

Análisis de registros estadísticos: a partir de la observación se procedió a elabora tabla de registro de los esfuerzos en el suelo según se variaba la dimisión de la base de la cimentación y con esto datos se elaboraron los gráficos de esfuerzo vs base de cimentación. Una vez obtenido el diseño óptimo para cada tipo de cimentación con sus respectivos costos, se procedió a elaborar tablas comparativas de precio y así determinar cuál es la cimentación más económica.

## **3.6 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Para la obtención del conocimiento necesario para la realización de esta investigación y dar respuesta al problema planteado fue necesario consultar una serie de fuentes tanto primaria como secundaria, estas se detallan en las siguientes secciones.

### **3.6.1 FUENTES PRIMARIAS**

Los materiales y documentos que fueron las fuentes de primera mano para esta investigación son:

- a. Libro de texto sobre suelo, cimentación, diseño de estructura de concreto y métodos de diseño.

- b. Tesis y monográfica, referente al tema de estudio.
- c. Especificaciones técnicas para torres.
- d. Normas de diseño ACI-318 y TIA/EIA.
- e. Memoria de cálculo de torre.
- f. Programas de diseño estructural.
- g. Presentaciones y seminarios de las clases de maestría en tema de cimentaciones.

### **3.6.2 FUENTES SECUNDARIAS**

Entre las fuentes secundarias consultadas se listan las siguientes:

- a. Artículos de revista de ingeniería.
- b. Artículos de periódico.
- c. Página de internet.

### **3.7 LIMITANTES DEL ESTUDIO**

A continuación, se detalla las limitantes que se presenta esta investigación:

- a. En diseño de las cimentaciones se realizó solo para un tipo de suelo.
- b. En el diseño por el primer estado límite se asume que la torre está ubicada en un terreno con pendiente cero, por lo cual no se consideró el efecto ladera o inclinación para los casos de estudio.
- c. El estudio se limitó a analizar las cimentaciones para torres triangulares de 60 mts con velocidad de viento 90 mph, el resto de las tipologías de torres fueron excluidas en esta investigación.
- d. No se diseñó el sistema de anclaje entre la base de la torre y dando de concreto del cimiento.
- e. En el análisis técnico-económico solo se está considerando las cuatro actividades constructivas más relevantes de una cimentación que son: excavación, concreto, acero de refuerzo y relleno; las demás actividades fueron excluidas.
- f. El modulo balasto se determinó por medio métodos aproximados utilizando para ello tablas, ya que el estudio de suelo que se utilizó para esta investigación no proporcionaba este dato.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados de los análisis y diseños geotécnicos-estructurales de los tres tipos de cimentación planteadas en esta investigación por medio del programa SAFE; además se determinó los costos de las principales actividades constructiva de cada uno de los cimientos y con ello poder hacer el análisis técnico-económico.

### 4.1 PARÁMETROS PARA ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIONES



**Figura 24. Modelo en Staad.PRO torre AJ Ingenieros 60mts 90MPH**

#### 4.1.1 CARGAS PROVENIENTES DE LA TORRE

En la Figura 24. Modelo en Staad.PRO torre AJ Ingenieros 60mts 90MPH la cual fue analizada en el programa y se obtuvieron las reacciones en lo apoyo de la torre.

**Tabla 2. Reacciones de la torre para el diseño de losa de cimentación.**

Node	Casos de Carga	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
265	1 CARGA GRAVITACIONAL	-2.853	59.115	-1.665	-1.374	-0.002	2.307
	2 CARGA VIENTO Z ESTRUCTURA	17.302	-208.088	19.761	23.068	5.814	-14.509
	3 CARGA DE VIENTO Z CABLES	9.709	-131.506	9.729	11.026	2.059	-8.134
	4 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS MW	18.82	-314.262	14.353	15.07	0.082	-15.573
	5 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS CEL	0.933	-16.257	0.607	0.608	0.005	-0.778
	6 SERVICIO VIENTO Z PLATAFORMA	0.7	-12.201	0.456	0.456	0.004	-0.584
	7 SERVIVIO	33.458	-467.399	32.431	36.639	5.971	-27.954
	8 WTOTAL	47.464	-682.314	44.906	50.227	7.963	-39.579
266	1 CARGA GRAVITACIONAL	2.85	58.805	-1.659	-1.369	0.001	-2.307
	2 CARGA VIENTO Z ESTRUCTURA	-17.302	-208.089	19.761	23.068	-5.815	14.508
	3 CARGA DE VIENTO Z CABLES	-9.709	-131.506	9.729	11.026	-2.059	8.133
	4 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS MW	-19.279	-314.262	13.557	13.916	-0.193	16.237
	5 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS CEL	-0.933	-16.257	0.607	0.607	-0.005	0.778
	6 SERVICIO VIENTO Z PLATAFORMA	-0.7	-12.201	0.456	0.456	-0.004	0.584
	7 SERVIVIO	-33.805	-467.632	31.838	35.778	-6.055	28.45
	8 WTOTAL	-47.923	-682.315	44.11	49.073	-8.075	40.24
267	1 CARGA GRAVITACIONAL	0.003	60.273	3.324	2.682	0	-0.004
	2 CARGA VIENTO Z ESTRUCTURA	0	416.177	49.924	47.611	0	0
	3 CARGA DE VIENTO Z CABLES	0	263.012	26.611	24.893	0	0
	4 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS MW	0.459	628.524	46.95	41.911	-0.056	-0.666
	5 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS CEL	0	32.514	2.223	1.948	0	0
	6 SERVICIO VIENTO Z PLATAFORMA	0	24.401	1.669	1.462	0	0
	7 SERVIVIO	0.347	1068.677	98.027	90.38	-0.042	-0.503
	8 WTOTAL	0.459	1364.629	127.378	117.825	-0.056	-0.666

En la Tabla 2 se muestran las fuerzas resultantes entre la unión del pedestal y la base de cimentación para los casos de carga establecidos en el diseño en Staa.Pro de la torre 60mts 90MPH de AJ Ingeniero.

**Tabla 3. Reacciones de la torre para el diseño de la zapata aislada.**

Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
		F <sub>x</sub> kN	F <sub>y</sub> kN	F <sub>z</sub> kN	M <sub>x</sub> kNm	M <sub>y</sub> kNm	M <sub>z</sub> kNm
265	1 CARGA GRAVITACIONAL	-4.914	73.844	-2.852	5.046	-0.002	-8.811
	2 CARGA VIENTO Z ESTRUCTURA	15.301	-208.144	20.88	23.638	5.74	-13.093
	3 CARGA DE VIENTO Z CABLES	8.587	-131.532	10.363	11.365	2.035	-7.348
	4 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS MW	16.621	-314.295	15.614	15.797	0.095	-14.066
	5 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS CEL	0.825	-16.258	0.669	0.644	0.006	-0.705
	6 SERVICIO VIENTO Z PLATAFORMA	0.619	-12.202	0.502	0.483	0.004	-0.529
	7 SERVICIO	27.78	-456.441	33.882	42.73	5.909	-33.414
	8 WTOTAL	41.954	-682.432	48.029	51.928	7.881	-35.741
266	1 CARGA GRAVITACIONAL	4.912	73.534	-2.847	5.051	0.002	8.811
	2 CARGA VIENTO Z ESTRUCTURA	-15.302	-208.145	20.88	23.638	-5.741	13.092
	3 CARGA DE VIENTO Z CABLES	-8.587	-131.533	10.363	11.365	-2.035	7.347
	4 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS MW	-17.08	-314.296	14.818	14.652	-0.206	14.726
	5 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS CEL	-0.825	-16.258	0.669	0.644	-0.006	0.705
	6 SERVICIO VIENTO Z PLATAFORMA	-0.619	-12.202	0.502	0.483	-0.004	0.529
	7 SERVICIO	-28.127	-456.674	33.29	41.875	-5.992	33.906
	8 WTOTAL	-42.414	-682.433	47.233	50.782	-7.991	36.398
267	1 CARGA GRAVITACIONAL	0.003	75.002	5.699	-10.158	0	-0.004
	2 CARGA VIENTO Z ESTRUCTURA	0	416.289	47.686	45.799	0	0
	3 CARGA DE VIENTO Z CABLES	0	263.065	25.343	23.897	0	0
	4 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS MW	0.459	628.591	44.428	40.046	-0.055	-0.661
	5 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS CEL	0	32.517	2.1	1.859	0	0
	6 SERVICIO VIENTO Z PLATAFORMA	0	24.403	1.576	1.395	0	0
	7 SERVICIO	0.347	1079.9	95.124	77.128	-0.041	-0.499
	8 WTOTAL	0.459	1364.865	121.132	112.995	-0.055	-0.661

En la Tabla 3 se muestran las fuerzas resultantes entre la unión del pedestal, la pata de la torre y la viga de amarre para los casos de carga ya establecidos en el diseño en Staa.Pro de la torre 60mts 90MPH de AJ Ingeniero.

#### 4.1.2 PARÁMETROS DEL SUELO

Los parámetros del suelo fueron tomados del estudio de suelos que nos proporcionaron en Claro, y el cual se encuentra en el anexo 5, a continuación se resumen lo valores más importante que se utilizaron para el diseño de los casos de estudio.

- Capacidad soportante del suelo  $q_a = 1.94 \text{ kg/cm}^2$
- Profundidad = 1.35mts a 6 mts
- Angulo de fricción  $\phi = 25^\circ$
- Cohesión  $c = 0.19 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del suelo  $\gamma = 121 \text{ lb/ft}^3$

En el estudio de suelo no se proporcionó el coeficiente de balasto vertical, por lo cual se usó la tabla del módulo de reacción del suelo datos para SAFE del anexo 1, para la capacidad  $q_a = 1.90 \text{ kg/cm}^2$  recomienda usar un valor de  $K = 3.84 \text{ kg/cm}$ .

#### **4.1.3 CONSIDERACIONES EN ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN**

Para el diseño de losa de cimentación se realizó la modelación por MEF, el análisis fue lineal y no lineal, para luego hacer una comparación de los resultados

El diseño del pilote se analizó y diseño por métodos numérico, ya que el SAFE no tiene la capacidad para diseñar este tipo de cimentación.

## 4.2 RESULTADO DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN

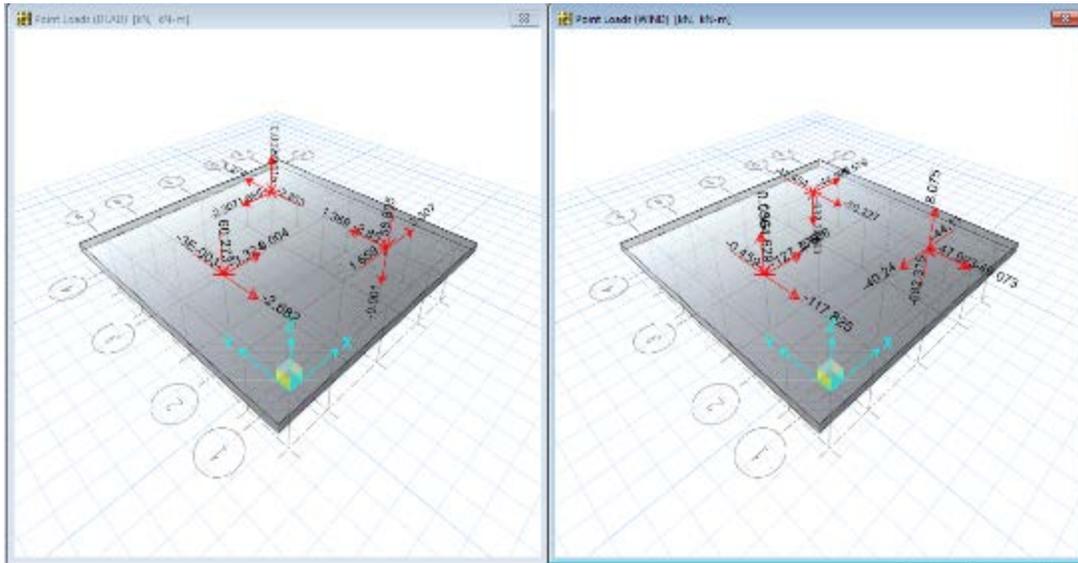


Figura 25. Modelo en SAFE de carga muerta y viento para losa de cimentación 12x12 m espesor 0.40 m

### 4.2.1 RESULTADOS ANÁLISIS LINEAL

En la Figura 25 se presenta las cargas aplicadas en el sentido x, y, z en la base de la losa de cimentación, al lado izquierdo de la imagen las cargas muerta y al lado derecho las cargas de vientos.

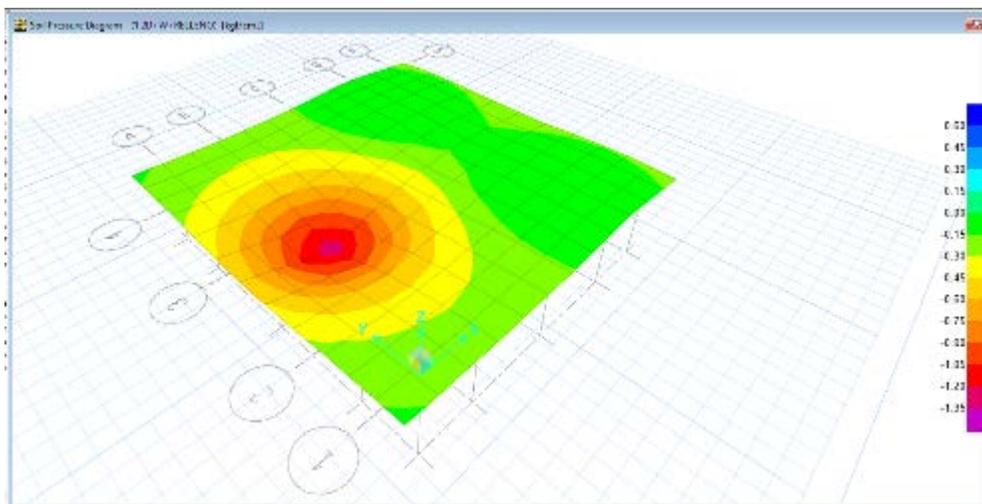
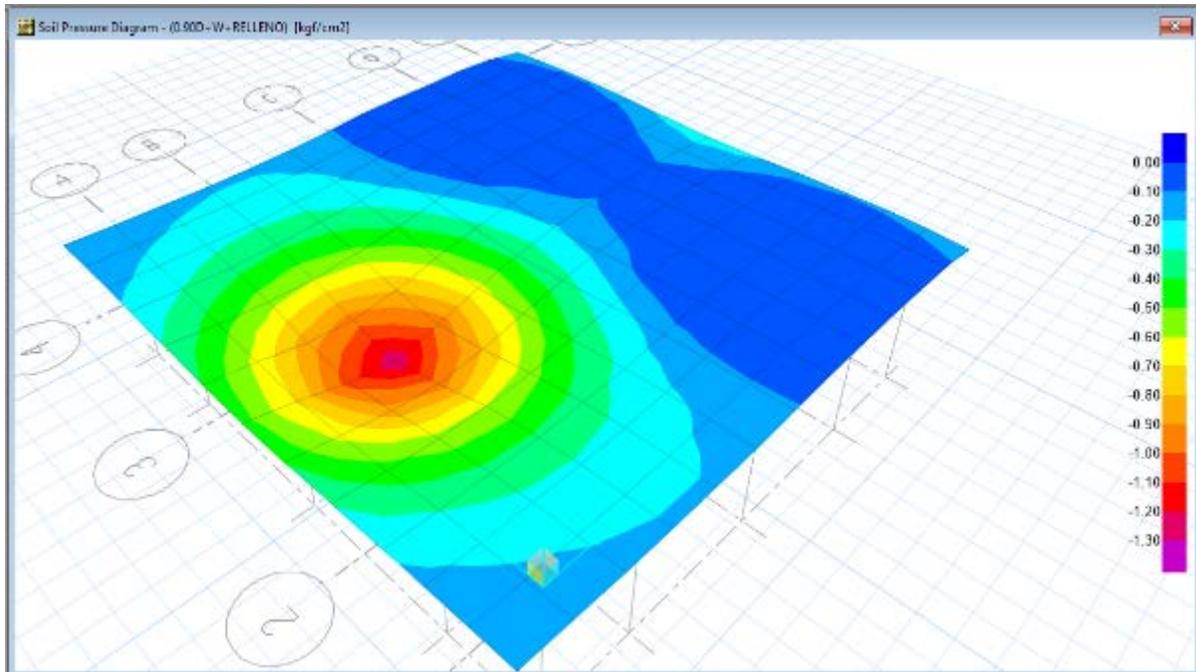


Figura 26. Presiones que ejerce la losa de cimentación sobre el suelo debido a la combinación 1.20D+W+Relleno, análisis lineal

En la Figura 26 se muestra la presiones a las que es sometido el suelo debido a la combinación de carga 1.2D+W+Relleno, esta presiones van de un rango 0.006009 kg/cm<sup>2</sup> a un máximo de 1.32 kg/cm<sup>2</sup>, estos valores resulta ser menores a la capacidad soportante del suelo de q<sub>a</sub> = 1.94 kg/cm<sup>2</sup>, por tanto la cimentación cumple el criterio de resistencia para esta combinación de carga.



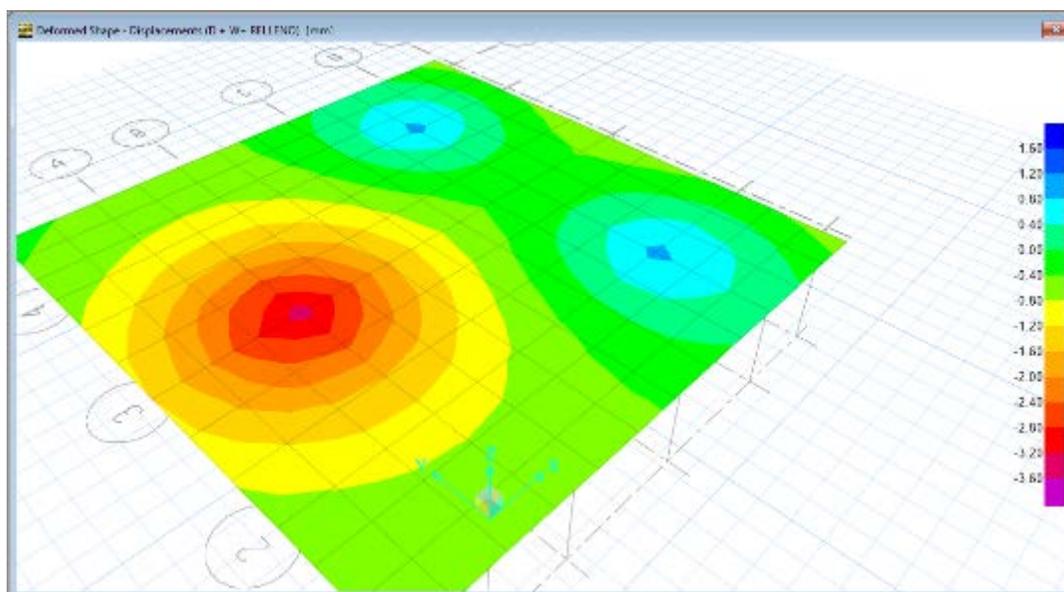
**Figura 27. Presiones que ejerce la losa de cimentación sobre el suelo debido a la combinación 0.90 D+W+Relleno, análisis lineal.**

En la Figura 27 se muestra las presiones a la que es sometido el suelo debido a la combinación de carga 0.9D+W+Relleno, esta presiones van de un rango 0.007487 kg/cm<sup>2</sup> a un máximo de 1.28 kg/cm<sup>2</sup>, estos valores resulta ser menores a capacidad soportante del suelo de q<sub>a</sub> = 1.94 kg/cm<sup>2</sup>, por tanto la cimentación cumple el criterio de resistencia para esta combinación de carga.

**Tabla 4. Datos presiones sobre el suelo análisis lineal losa de cimentación**

Soil Pressures							
Area	AreaElem	Node	OutputCase	Case Type	SurfPress	GlobalX	GlobalY
Text	Text	Text	Text	Text	kgf/cm <sup>2</sup>	m	m
3	63	13	1.2D+W+RELLENO	Combination	-1.32	2	5.473
3	64	13	1.2D+W+RELLENO	Combination	-1.32	2	5.473
3	75	13	1.2D+W+RELLENO	Combination	-1.32	2	5.473
3	76	13	1.2D+W+RELLENO	Combination	-1.32	2	5.473
3	141	~167	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.006656	8.0154	11.473
3	142	~167	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.006656	8.0154	11.473
3	9	~16	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.006009	8.0154	-0.527
3	10	~16	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.006009	8.0154	-0.527
3	63	13	0.90D+W+RELLENO	Combination	-1.28	2	5.473
3	64	13	0.90D+W+RELLENO	Combination	-1.28	2	5.473
3	75	13	0.90D+W+RELLENO	Combination	-1.28	2	5.473
3	76	13	0.90D+W+RELLENO	Combination	-1.28	2	5.473

En la Tabla 4 se presenta los valores de las presiones sobre el suelo que fue generado en SAFE, resultando la máxima presión de 1.32 kg/cm<sup>2</sup>, como ya se había mencionado anteriormente, en la combinación de carga 1.2D+W+Relleno.



**Figura 28. Deformaciones que se producen en la losa de cimentación, análisis lineal.**

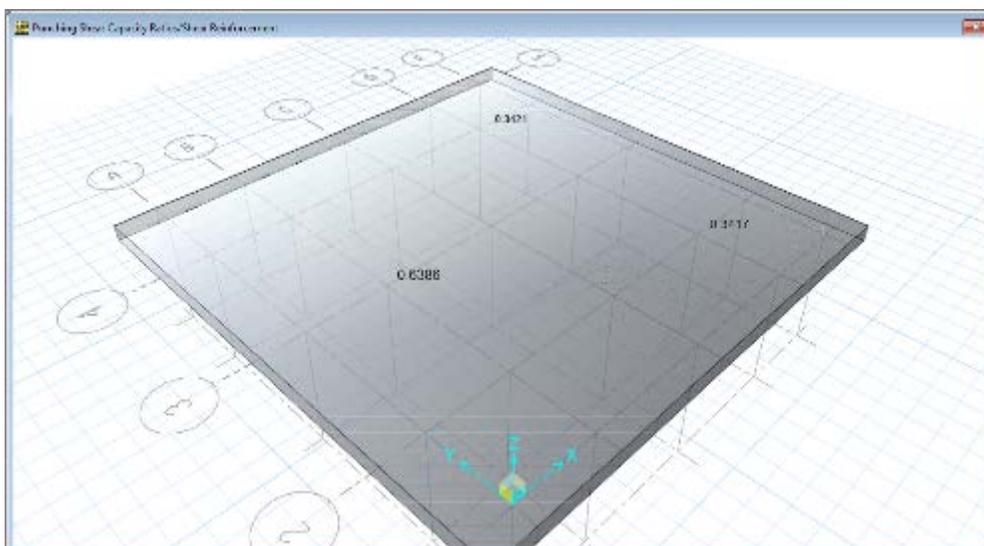
En la Figura 28 se presenta la deformaciones o desplazamientos que se presenta en la losa de cimentación debido a las cargas de servicio (cargas no mayoradas) en su combinación D + W

+ Relleno, los valores van de 0.890928 mm a -3.386942 mm, estos valores son menores a los valores límite, que para el caso de estructuras altas el asentamiento permisible es de 200 mm y 0.004 mm de inclinación por deformación, por lo cual la losa de cimentación cumple el 2do estado limite.

**Tabla 5. Desplazamiento en la losa de cimentación, análisis lineal**

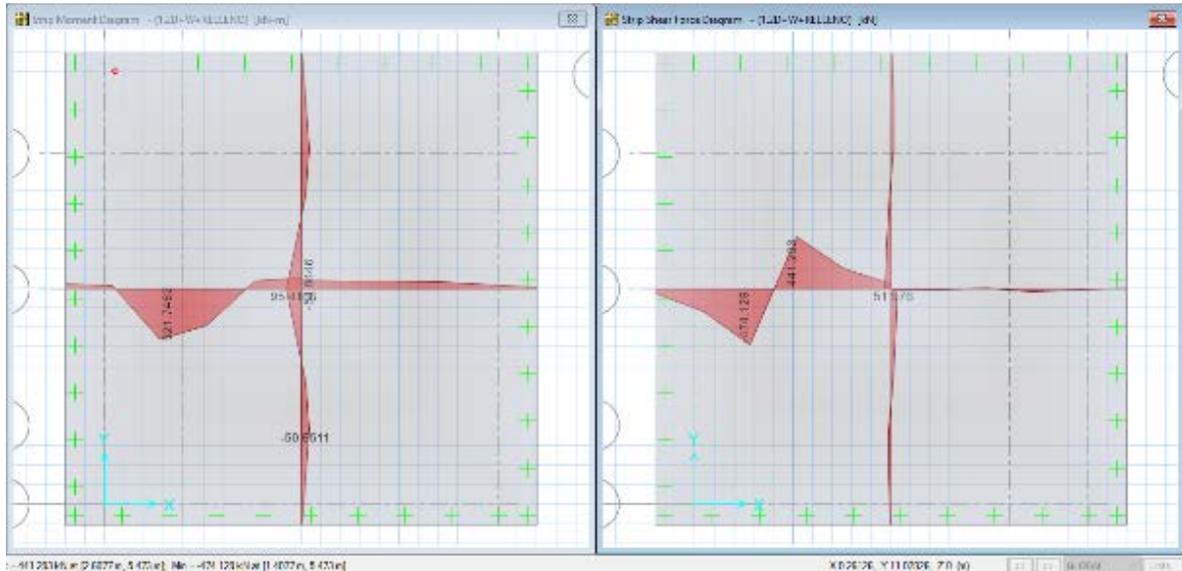
Nodal Displacements - Summary												
Panel	Node	OutputCase	Case Type	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	MaxUzRef	GlobalX	GlobalY
Te	Te	Text	Text	mm	mm	mm	Radiar	Radiar	Radiar	mm	m	m
1	~48	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.015936	0	0	0	0.522002	2	2
2	13	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-3.386942	0	0	0	2.569467	2	5.473
3	13	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-3.386942	0	0	0	2.569757	2	5.473
4	~124	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.01559	0	0	0	0.521724	2	8.946
5	~48	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.015936	0	0	0	0.676245	2	2
6	13	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-3.386942	0	0	0	2.940045	2	5.473
7	13	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-3.386942	0	0	0	2.939409	2	5.473
8	~124	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.01559	0	0	0	0.674955	2	8.946
9	14	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	0.890928	0	0	0	1.337825	8.0154	2
10	~88	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.022081	0	0	0	1.913009	5.0077	5.473
11	~88	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.022081	0	0	0	1.911707	5.0077	5.473
12	15	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	0.889626	0	0	0	1.33716	8.0154	8.946
13	14	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	0.890928	0	0	0	0.965993	8.0154	2
14	14	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	0.890928	0	0	0	1.324771	8.0154	2
15	15	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	0.889626	0	0	0	1.323469	8.0154	8.946
16	15	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	0.889626	0	0	0	0.965195	8.0154	8.946

En la Tabla 5 se presenta resumido los valores de desplazamiento que se presentaron en la losa de cimentación, debido a la combinación de cargas sin mayorar.



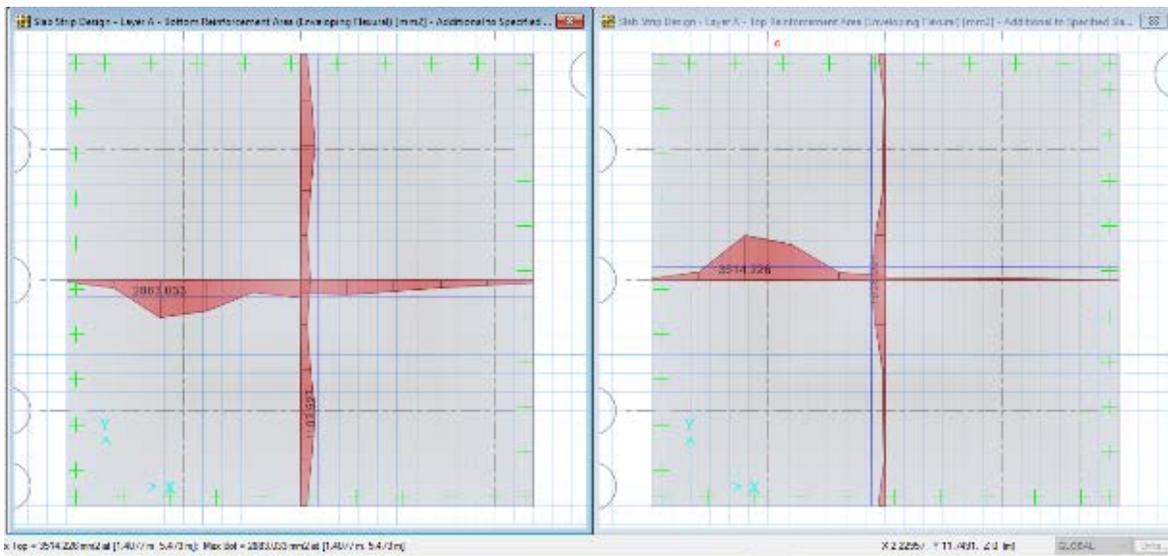
**Figura 29. Verificación del punzonamiento losa de cimentación, análisis lineal**

En la Figura 29 se puede observar los valores del cortante por punzonamiento y en SAFE este se muestran como una relación del cortante máximo con respecto a la capacidad, para la losa de cimentación el máximo valor en los puntos donde están los pedestales es de 0.6386 el cual es menor que 1 por tanto no se excede la capacidad por cortante, por ende se concluye que el peralte de 0.40 mts es aceptable.



**Figura 30. Diagrama de momento y cortante en losa de cimentación, análisis lineal**

En la Figura 30 se muestran el momento máximo 321.74 kN.m y un cortante máximo de 474.127 kN para la combinación de carga 1.2D + W + Relleno.



**Figura 31. Área de acero de refuerzo requerida en losa de cimentación, análisis lineal**

En la Figura 31 se muestra el área de acero refuerzo que requiere la losa de cimentación en ambas direcciones, la imagen de la izquierda corresponde al acero en la parte inferior y la imagen de la derecha el acero que requiere en la parte superior.

FOOTINGS TABLE

SR. NO.	TYPE	NOS	LX	LY	T	REBARS-A	REBARS-B
1	F1	1	12000 M	12000 M	0.400 M		

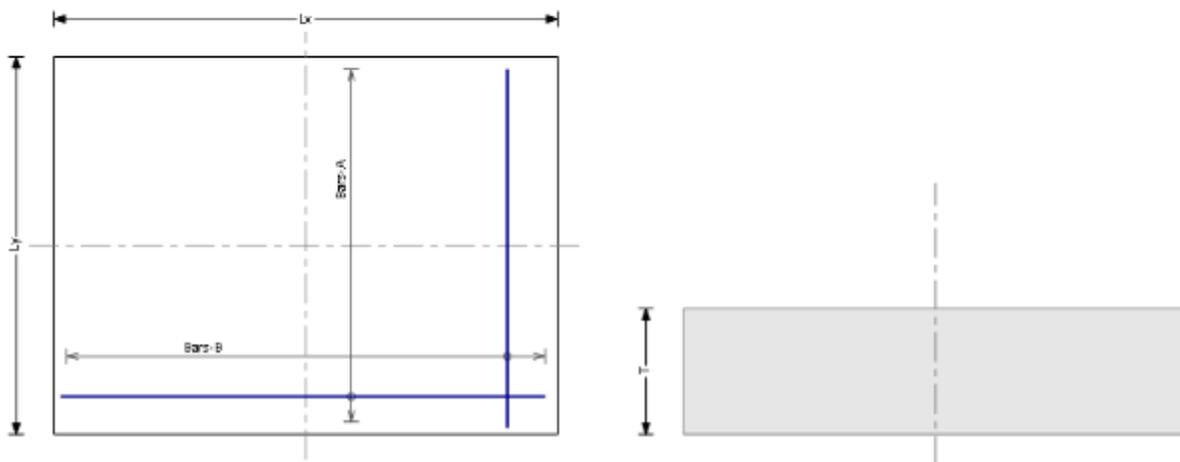
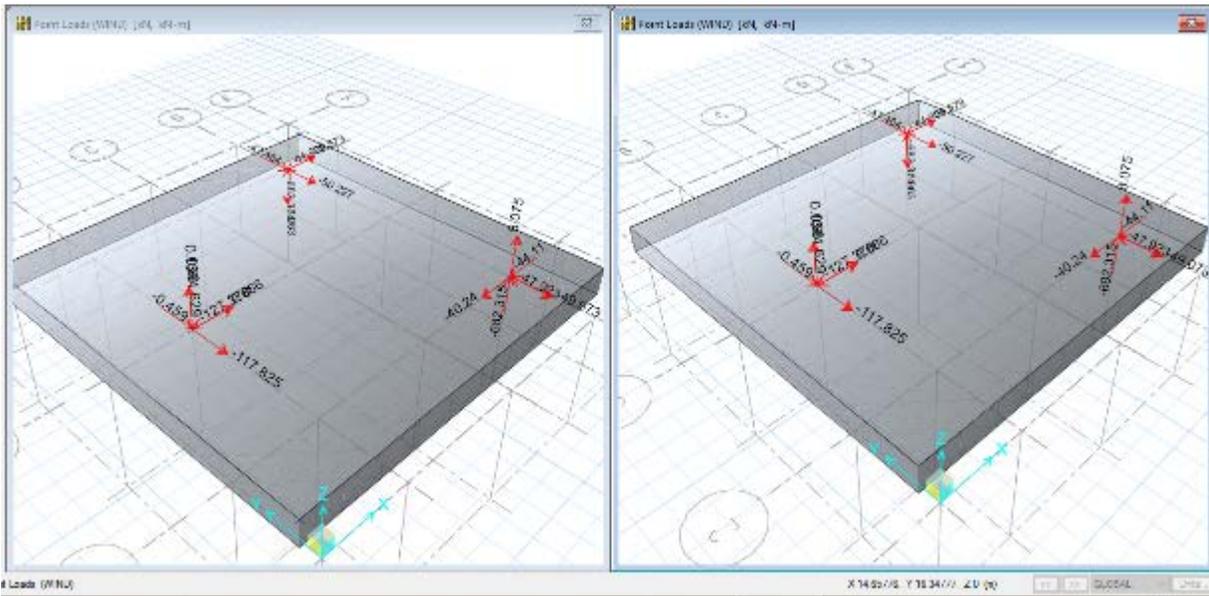


Figura 32. Planta y elevación la losa de cimentación, análisis lineal

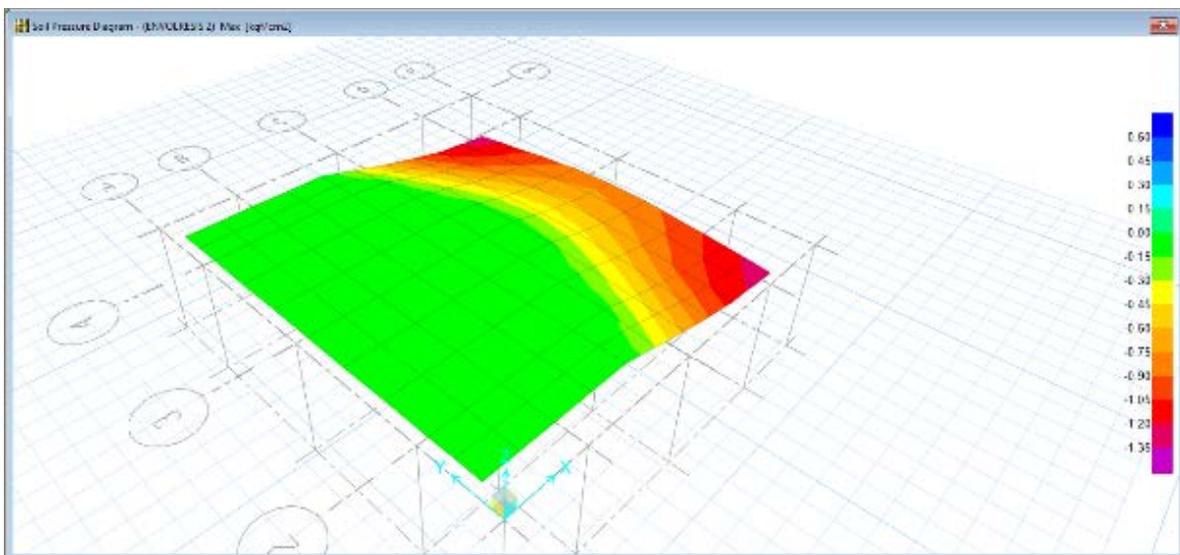
La losa de cimentación cumplió con los dos estados límites, el de estabilidad y el de deformación, con esto se finaliza el diseño geotécnico y estructural, concluyendo que el área de la base óptima para esta cimentación tiene medidas de 12 mts x 12 mts con un peralte de 40cm, como se muestra en la Figura 32.

## 4.2.2 RESULTADO ANÁLISIS NO LINEAL



**Figura 33. Modelo en SAFE de carga muerta y viento para losa de cimentación 9.50 x9.50 mts espesor 0.70mts**

En la Figura 33 se presenta las cargas aplicadas en el sentido x, y, z en la base de la losa de cimentación, al lado izquierdo de la imagen las cargas muerta y al lado derecho las cargas de viento.



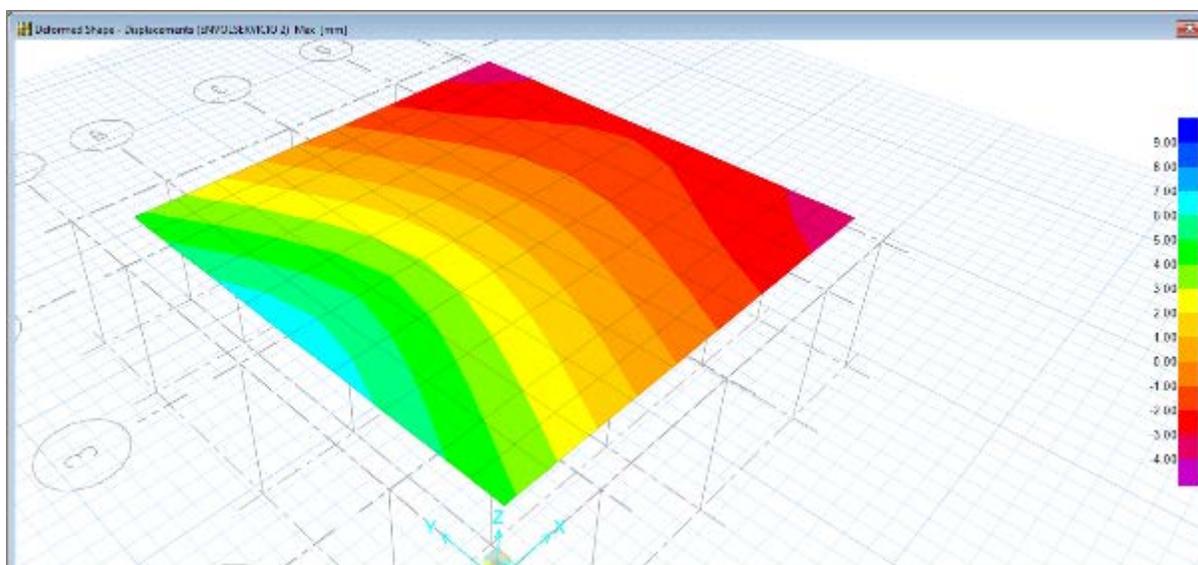
**Figura 34. Presiones que ejerce la losa de cimentación sobre el suelo debido a la combinación ENVOLRESIS 2, análisis No lineal.**

En la Figura 34 se muestra las presiones a la que es sometido el suelo debido a la combinación de carga ENVOLRESIS 2 en análisis No lineal, estas presiones van de un rango 0.0098 kg/cm<sup>2</sup> a un máximo de 1.42 kg/cm<sup>2</sup>, estos valores resultan ser menores a capacidad soportante del suelo de q<sub>a</sub> = 1.94 kg/cm<sup>2</sup>, por tanto la cimentación cumple el criterio de resistencia para esta combinación de carga.

**Tabla 6. Datos presiones sobre el suelo análisis No lineal losa de cimentación**

Soil Pressures							
Area	AreaElem	Node	OutputCase	CaseType	SurfPress	GlobalX	GlobalY
Tex	Tex	Text	Text	Text	kgf/cm <sup>2</sup>	m	m
1	27	~35	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.009807	7.01283	2
1	28	~35	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.009807	7.01283	2
1	17	~35	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.009807	7.01283	2
1	18	~35	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.009807	7.01283	2
1	77	~99	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.01014	7.01283	8.946
1	78	~99	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.01014	7.01283	8.946
1	87	~99	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.01014	7.01283	8.946
1	88	~99	1.2D+W+RELLENO	Combination	-0.01014	7.01283	8.946
1	41	~60	1.2D-W+RELLENO	Combination	0.44	0.2577	5.473
1	51	~60	1.2D-W+RELLENO	Combination	0.44	0.2577	5.473
1	41	~60	0.9D - W +RELLEMO	Combination	0.5	0.2577	5.473
1	51	~60	0.9D - W +RELLEMO	Combination	0.5	0.2577	5.473
1	10	2	ENVOLRESIS 2	Combination	-1.42	9.7577	0.723
1	10	~27	ENVOLRESIS 2	Combination	-1.32	9.7577	1.3615
1	20	~27	ENVOLRESIS 2	Combination	-1.32	9.7577	1.3615
1	90	~112	ENVOLRESIS 2	Combination	-1.32	9.7577	9.5845
1	100	~112	ENVOLRESIS 2	Combination	-1.32	9.7577	9.5845
1	100	3	ENVOLRESIS 2	Combination	-1.42	9.7577	10.223

En la Tabla 6 se presenta los valores de las presiones sobre el suelo que fue generado en SAFE, debido a las combinación de cargas mayoradas, resultando la máxima presión de 1.42 kg/cm<sup>2</sup> mediante el análisis No lineal.



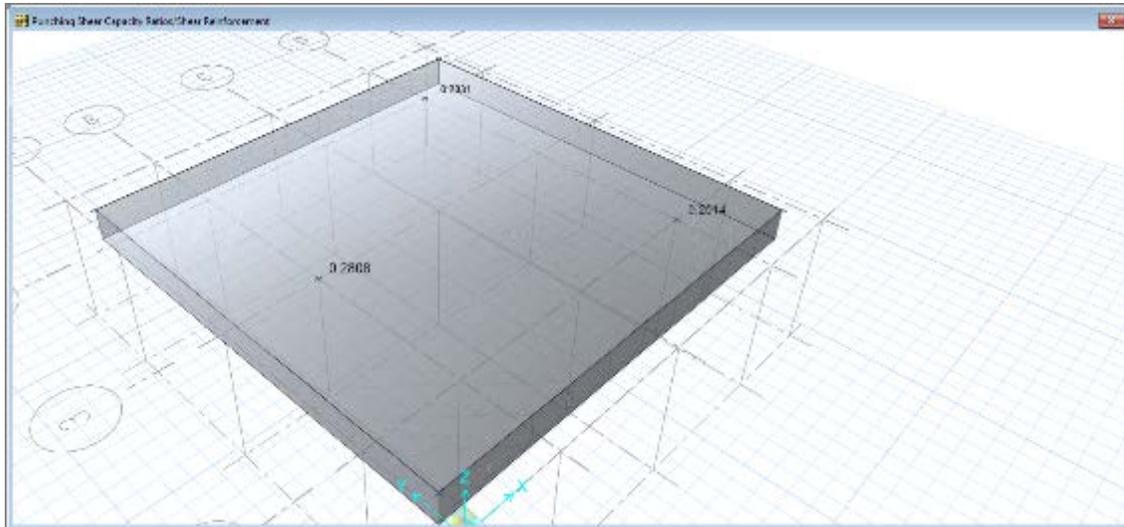
**Figura 35. Deformaciones que se producen en la losa de cimentación, análisis No lineal.**

En la Figura 35 se presenta las deformaciones o desplazamientos que presenta la losa de cimentación debido a las cargas de servicio (cargas no mayoradas) en su combinación ENVOLSERVICIO 2, los valores están en un rango de 6.739412mm a -3.707002mm, estos valores son menores a los valores límite, que para el caso de estructuras altas el asentamiento permisible es de 200 mm y 0.004 mm de inclinación por deformación, por lo cual la losa de cimentación cumple el 2do estado limite.

**Tabla 7. Desplazamiento en la losa de cimentación, análisis No lineal.**

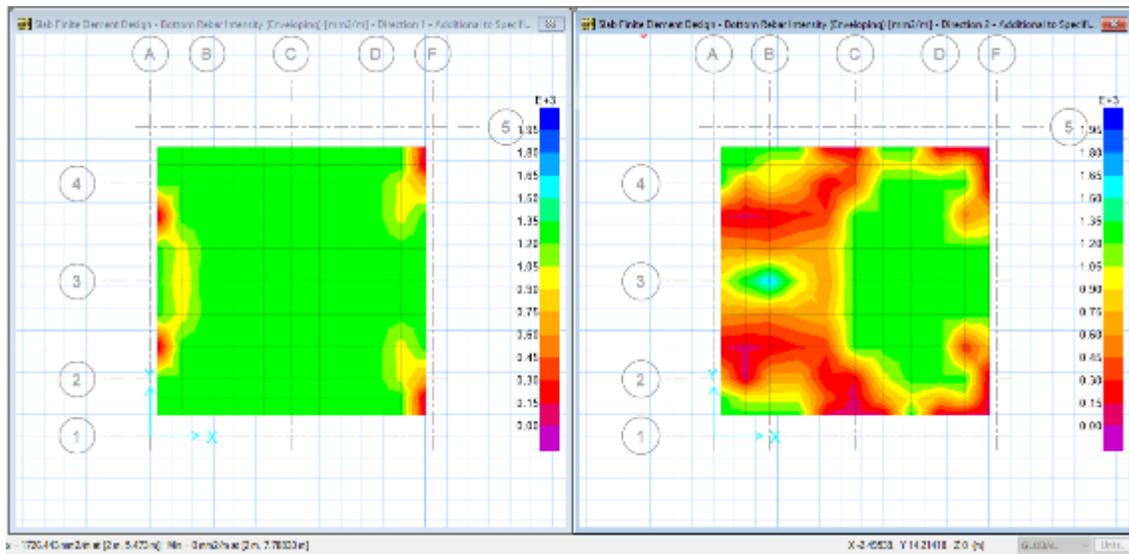
Nodal Displacements - Summary												
Panel	Node	OutputCase	CaseType	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	MaxUzRel	GlobalX	GlobalY
Te	Te	Text	Text	mm	mm	mm	Radi	Radi	Radi	mm	m	m
1	~28	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	5.116675	0	0	0	3.775424	0.2577	2
2	~60	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	6.739412	0	0	0	4.64798	0.2577	5.473
3	~60	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	6.739412	0	0	0	4.648762	0.2577	5.473
4	~92	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	5.115516	0	0	0	3.775126	0.2577	8.946
5	~30	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	2.999022	0	0	0	4.137212	2	2
6	13	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	4.648718	0	0	0	5.222473	2	5.473
7	13	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	4.648718	0	0	0	5.222701	2	5.473
8	~94	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	2.998191	0	0	0	4.13656	2	8.946
9	~15	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	-2.953301	0	0	0	2.729326	8.0154	0.723
10	14	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	-2.521579	0	0	0	3.237395	8.0154	2
11	15	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	-2.522236	0	0	0	3.238051	8.0154	8.946
12	~120	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	-2.953767	0	0	0	2.729549	8.0154	10.223
13	2	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	-3.70576	0	0	0	1.195596	9.7577	0.723
14	~37	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	-3.204429	0	0	0	1.692833	9.7577	2
15	~101	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	-3.205678	0	0	0	1.694082	9.7577	8.946
16	3	ENVOLSERVICIO 2	Combination	0	0	-3.707002	0	0	0	1.196226	9.7577	10.223

En la Tabla 7 se presenta resumido los valores de desplazamiento que se presentaron en la losa de cimentación en el análisis No lineal, debido a la combinación de cargas sin mayorar.



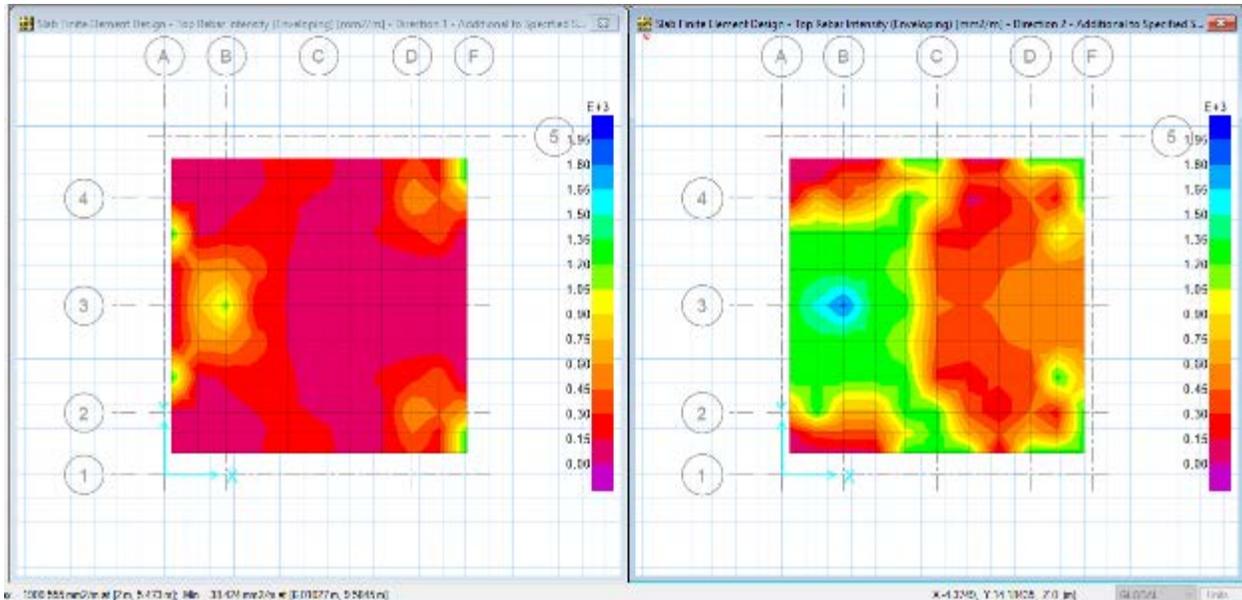
**Figura 36. Verificación del punzonamiento losa de cimentación, análisis No lineal.**

En la Figura 36 se puede observar los valores del cortante por punzonamiento para la losa de cimentación, el máximo valor en los puntos donde están los pedestales es de 0.2808 el cual es menor que 1 por tanto no se excede la capacidad por cortante, por ende se concluye que el peralte de 0.70 mts es aceptable.



**Figura 37. Área de acero de refuerzo requerida en losa de cimentación en la parte inferior, análisis No lineal.**

En la Figura 37 se muestra el área de acero refuerzo que requiere la losa de cimentación en la parte inferior, en ambas direcciones y tiene valores de  $1397.61 \text{ mm}^2/\text{m}$  y  $1726.44 \text{ m mm}^2/\text{m}$ .



**Figura 38. Área de acero de refuerzo requerida en losa de cimentación en la parte superior, análisis No lineal**

En Figura 38 se muestra el área de acero refuerzo que requiere la losa de cimentación en la parte superior en ambas direcciones y tiene valores de  $1300.61 \text{ mm}^2/\text{m}$  y  $1900.55 \text{ m mm}^2/\text{m}$ .

La losa de cimentación cumplió con los dos estados límites, el de estabilidad y el de deformación, con esto se finaliza el diseño geotécnico y estructural, concluyendo que el área de la base óptima para esta cimentación tiene medidas de  $9.50 \text{ mts} \times 9.50 \text{ mts}$  con un peralte de  $70 \text{ cm}$ , como se muestra en la Figura 39.

FOOTINGS TABLE

SR. NO.	TYPE	NOS	LX	LY	T	REBARS-A	REBARS-B
1	F1	1	9.500 M	9.500 M	0.150 M		

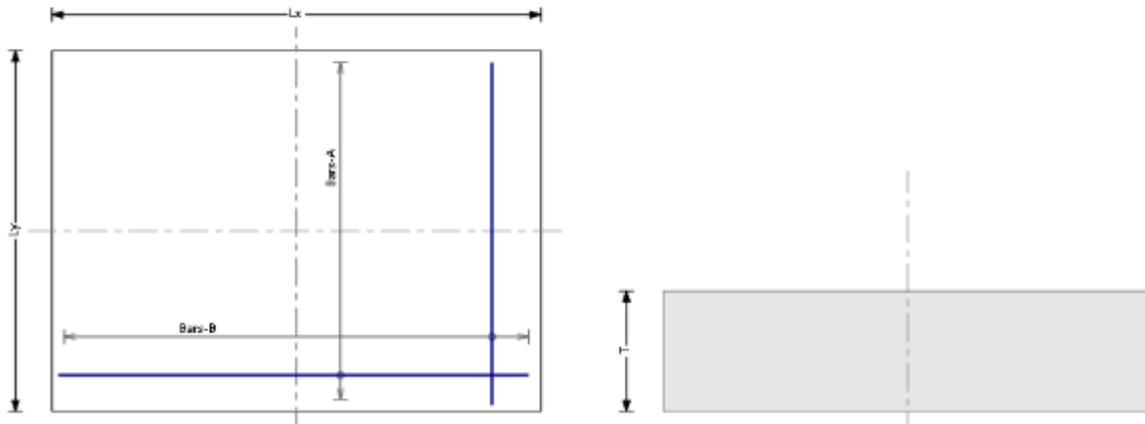
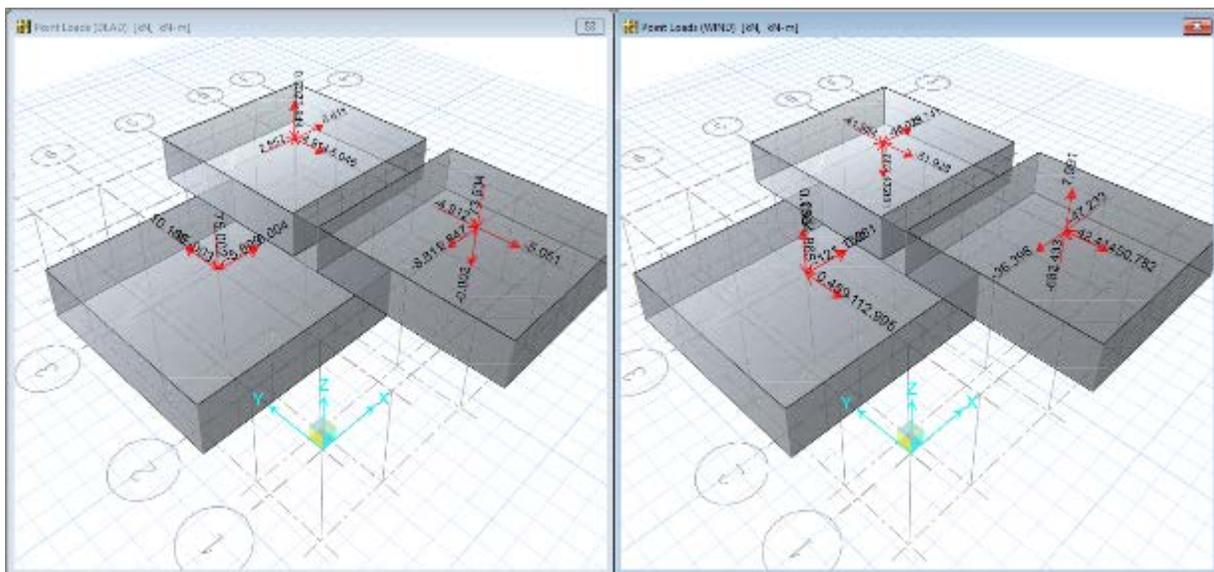


Figura 39. Planta y elevación la losa de cimentación, análisis No lineal

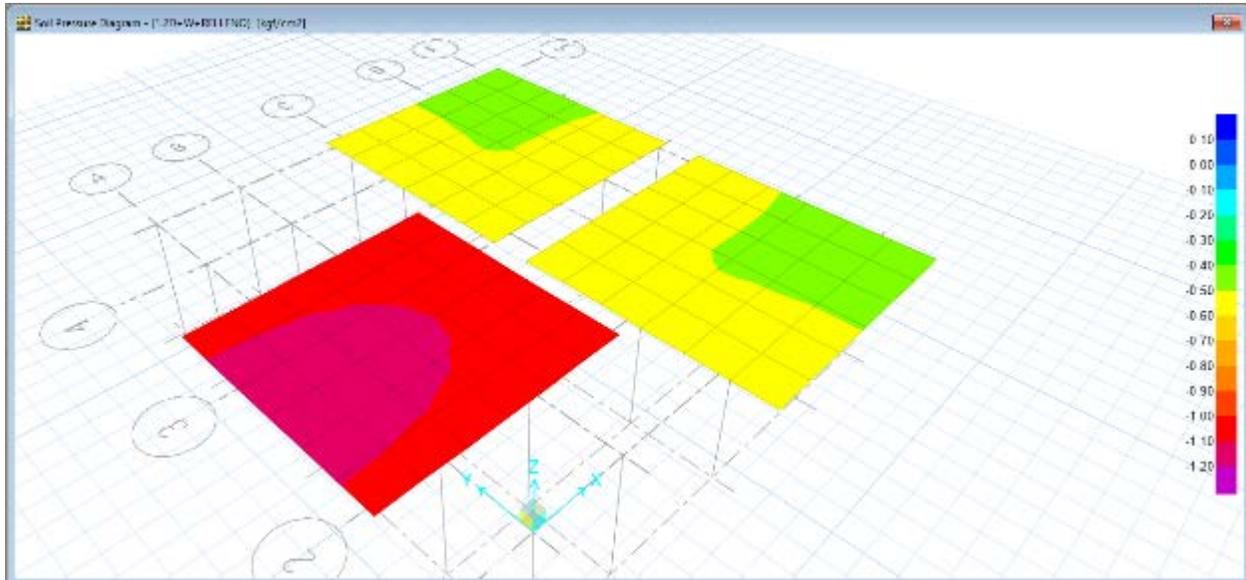
### 4.3 RESULTADO DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE ZAPATA



AISLADA

Figura 40. Modelo en SAFE, carga muerta y viento para zapata aislada de 6.0m x6.0 m espesor 1.50mts Análisis No Lineal

En la Figura 40 se presenta las cargas aplicada en el sentido x, y, z en la zapa aislada, al lado izquierdo de la imagen las cargas muerta y al lado derecho las cargas de vientos



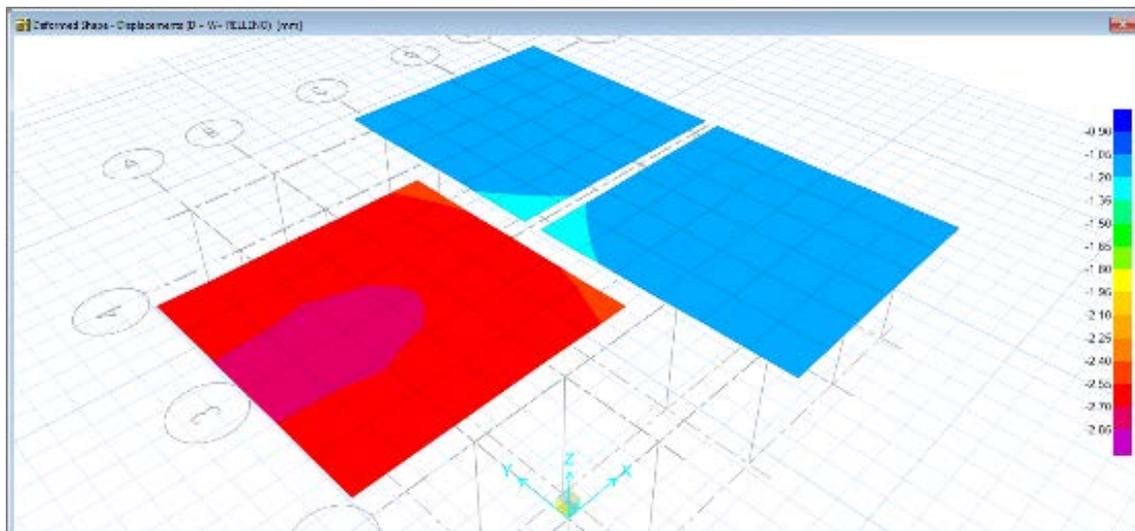
**Figura 41. Presiones que ejerce las zapatas sobre el suelo debido a la combinación 1.2D + W + Relleno, análisis No lineal.**

En la Figura 41 se muestra las presiones a las que es sometido el suelo debido a la combinación de carga 1.2D + W + Relleno en análisis No lineal, estas presiones van de un rango  $0.17 \text{ kg/cm}^2$  a un máximo de  $1.13 \text{ kg/cm}^2$ , estos valores resulta ser menores a la capacidad soportante del suelo de  $q_a = 1.94 \text{ kg/cm}^2$ , por tanto la cimentación cumple el criterio de resistencia para esta combinación de carga.

**Tabla 8. Datos Envolvente de presiones sobre el suelo análisis No lineal zapata aislada.**

Soil Pressures - Enveloping Summary						
Panel	OutputItem	SurfPress	OutputCase	Case Type	GlobalX	GlobalY
Text	Text	kgf/cm <sup>2</sup>	Text	Text	m	m
2	MaxPress	-0.17	ENVOLVRESISTNL2	Combination	1	5.473
2	MinPress	-1.13	1.2D+W+RELLENO	Combination	1	5.473
3	MaxPress	-0.17	ENVOLVRESISTNL2	Combination	1	6.473
3	MinPress	-1.13	1.2D+W+RELLENO	Combination	1	6.473
6	MaxPress	-0.17	ENVOLVRESISTNL2	Combination	2	5.473
6	MinPress	-1.13	1.2D+W+RELLENO	Combination	2	5.473
7	MaxPress	-0.17	ENVOLVRESISTNL2	Combination	2	6.473
7	MinPress	-1.13	1.2D+W+RELLENO	Combination	2	6.473
9	MaxPress	-0.38	0.90D+W+RELLENO	Combination	7.0154	2
9	MinPress	-0.92	ENVOLVRESISTNL2	Combination	7.0154	2
10	MaxPress	-0.38	0.90D+W+RELLENO	Combination	7.0154	3
10	MinPress	-0.92	ENVOLVRESISTNL2	Combination	7.0154	3
11	MaxPress	-0.38	ENVOLRESISTNL1	Combination	7.0154	8.946
11	MinPress	-0.92	ENVOLVRESISTNL2	Combination	7.0154	8.946
12	MaxPress	-0.38	ENVOLRESISTNL1	Combination	7.0154	9.946
12	MinPress	-0.92	ENVOLVRESISTNL2	Combination	7.0154	9.946
13	MaxPress	-0.38	0.90D+W+RELLENO	Combination	8.0154	2
13	MinPress	-0.92	ENVOLVRESISTNL2	Combination	8.0154	2
14	MaxPress	-0.38	0.90D+W+RELLENO	Combination	8.0154	3
14	MinPress	-0.92	ENVOLVRESISTNL2	Combination	8.0154	3
15	MaxPress	-0.38	ENVOLRESISTNL1	Combination	8.0154	8.946
15	MinPress	-0.92	ENVOLVRESISTNL2	Combination	8.0154	8.946
16	MaxPress	-0.38	ENVOLRESISTNL1	Combination	8.0154	9.946
16	MinPress	-0.92	ENVOLVRESISTNL2	Combination	8.0154	9.946

En la Tabla 8 se presenta los valores de la envolvente de presiones sobre el suelo que fue generado en SAFE, resultando la máxima presión de 1.13 kg/cm<sup>2</sup> mediante el análisis No lineal.



**Figura 42. Deformaciones que se producen en las zapatas aisladas, análisis No lineal**

En la Figura 42 se presenta las deformaciones o desplazamientos que presenta las zapata aisladas debido a las cargas de servicio (cargas no mayoradas) en su combinación D + W + Relleno, los valores están en un rango de -0.64382 mm a -2.749063mm, estos valores son menores a los valores límite, que para el caso de estructuras altas el asentamiento permisible es de 200 mm y 0.004 mm de inclinación por deformación, por lo cual la zapata aislada cumple el 2do estado limite.

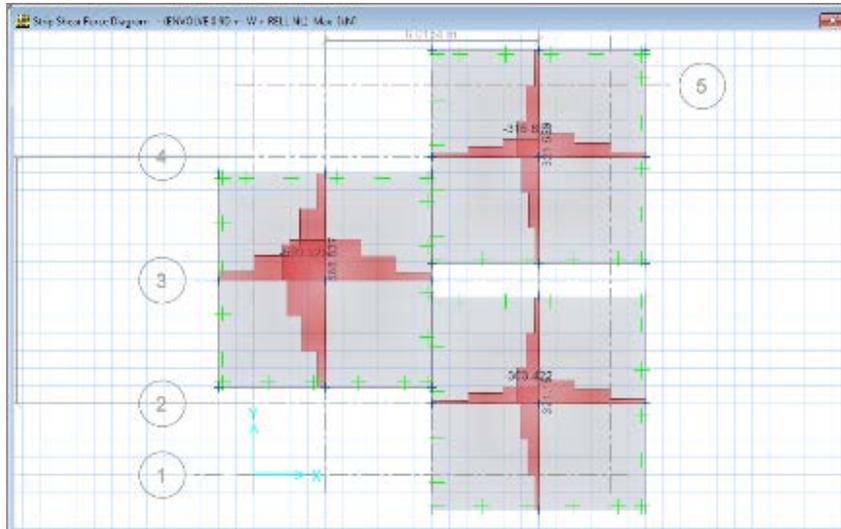
**Tabla 9. Desplazamiento en zapata aislada, análisis No lineal.**

Nodal Displacements - Summary												
Panel	Node	OutputCase	CaseType	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	MaxUzRe	GlobalX	GlobalY
Tex	Te	Text	Text	mm	mm	mm	Radia	Radia	Radia	mm	m	m
2	13	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-2.7491	0	0	0	0.11514	2	5.473
3	13	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-2.7491	0	0	0	0.116076	2	5.473
6	13	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-2.7491	0	0	0	0.226218	2	5.473
7	13	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-2.7491	0	0	0	0.227141	2	5.473
9	~35	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.1798	0	0	0	0.088186	5.0154	2
10	27	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.2274	0	0	0	0.135797	5.0154	5
11	20	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.228	0	0	0	0.136099	5.0154	5.946
12	~79	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.1808	0	0	0	0.088964	5.0154	8.946
13	~24	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.1078	0	0	0	0.016208	8.0154	-1.1E-16
14	~57	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.1723	0	0	0	0.080708	8.0154	5
15	~62	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.1721	0	0	0	0.080221	8.0154	5.946
16	~95	D + W+ RELLENO	Combination	0	0	-1.1084	0	0	0	0.016499	8.0154	10.946
2	13	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-2.7491	0	0	0	0.214958	2	5.473
3	13	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-2.7491	0	0	0	0.215894	2	5.473
6	13	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-2.7491	0	0	0	0.326535	2	5.473
7	13	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-2.7491	0	0	0	0.327457	2	5.473
9	~35	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-1.1798	0	0	0	0.188488	5.0154	2
10	27	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-1.2274	0	0	0	0.236099	5.0154	5
11	20	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-1.228	0	0	0	0.236427	5.0154	5.946
12	~79	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-1.1808	0	0	0	0.189291	5.0154	8.946
13	~24	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-1.1078	0	0	0	0.11651	8.0154	-1.1E-16
14	~57	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-1.1723	0	0	0	0.18101	8.0154	5
15	~62	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-1.1721	0	0	0	0.180548	8.0154	5.946
16	~95	ENVOLVESERVICOLI	Combination	0	0	-1.1084	0	0	0	0.116826	8.0154	10.946
2	~106	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-0.6438	0	0	0	0.203522	2	2.473
3	~145	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-0.6447	0	0	0	0.204447	2	8.473
6	17	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-0.7649	0	0	0	0.324561	5	2.473
7	18	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-0.7658	0	0	0	0.325473	5	8.473
9	14	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-2.1958	0	0	0	0.192951	8.0154	2
10	14	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-2.1958	0	0	0	0.232894	8.0154	2
11	15	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-2.196	0	0	0	0.233291	8.0154	8.946
12	15	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-2.196	0	0	0	0.193808	8.0154	8.946
13	14	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-2.1958	0	0	0	0.133062	8.0154	2
14	14	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-2.1958	0	0	0	0.180445	8.0154	2
15	15	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-2.196	0	0	0	0.18003	8.0154	8.946
16	15	ENVOLVESERVICION	Combination	0	0	-2.196	0	0	0	0.133415	8.0154	8.946

En la Tabla 9 se presenta resumido los valores de desplazamiento que se presentaron en la zapata aislada en el análisis No lineal, debido a las combinaciones de cargas sin mayorar.

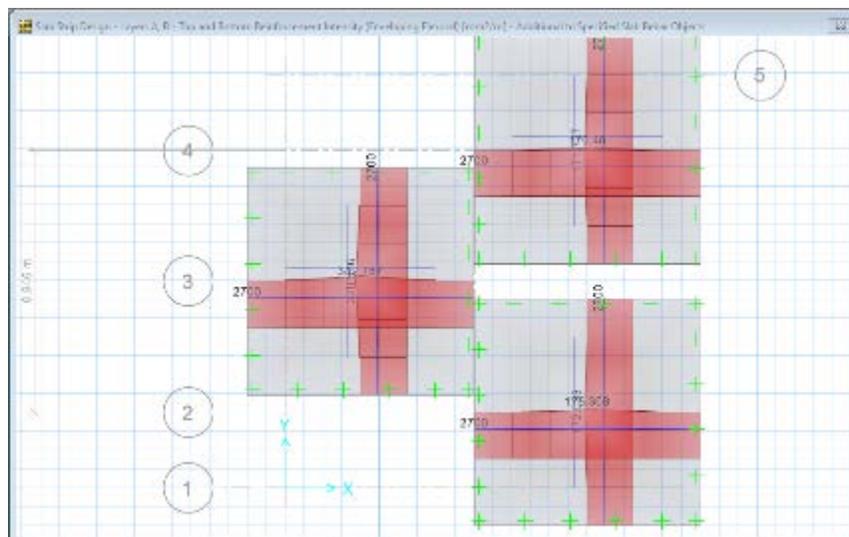


En la Figura 44 se muestra los diagramas de momento en ambas direcciones para cada una de las zapatas aisladas y siendo el momento máximo de 1111.84 kN·m, en la combinación de carga más crítica que resulto ser ENVOLVE 0.9D +- W + RELN NL del análisis No Lineal



**Figura 45. Diagrama de cortante para las zapatas aisladas, análisis No lineal**

En la Figura 45 se muestra los diagramas de cortante en ambas direcciones para la combinación de carga más crítica que resulto ser ENVOLVE 0.9D +- W + RELN NL del análisis No Lineal, la zapata 1es la que presente el momento máximo de cortante de 568.837 kN y cortante mínimo de -593.325 kN.



**Figura 46. Acero de refuerzo en la zapata aislada, análisis No lineal**

En la Figura 46 se muestra el área de acero refuerzo que requiere la zapata aislada en la parte superior e inferior y ambas direcciones, siendo el valor máximo requerido en la parte superior de 342.787 mm<sup>2</sup>/m y en la parte inferior el valor máximo es de 2700 mm<sup>2</sup>/m.

Las zapatas aisladas cumplen con los dos estados límites, el de estabilidad y el de deformación, con esto se finaliza el diseño geotécnico y estructural, concluyendo que el área de la base óptima para esta cimentación tiene medidas de 6.00 mts x 6.00 mts con un peralte de 1.50 mts, como se muestra en la Figura 47.

FOOTINGS TABLE

SR. NO.	TYPE	NOS	LX	LY	T	REBARS-A	REBARS-B
1	F1	3	6000 M	6000 U	1500 M	19-#4	17-#4

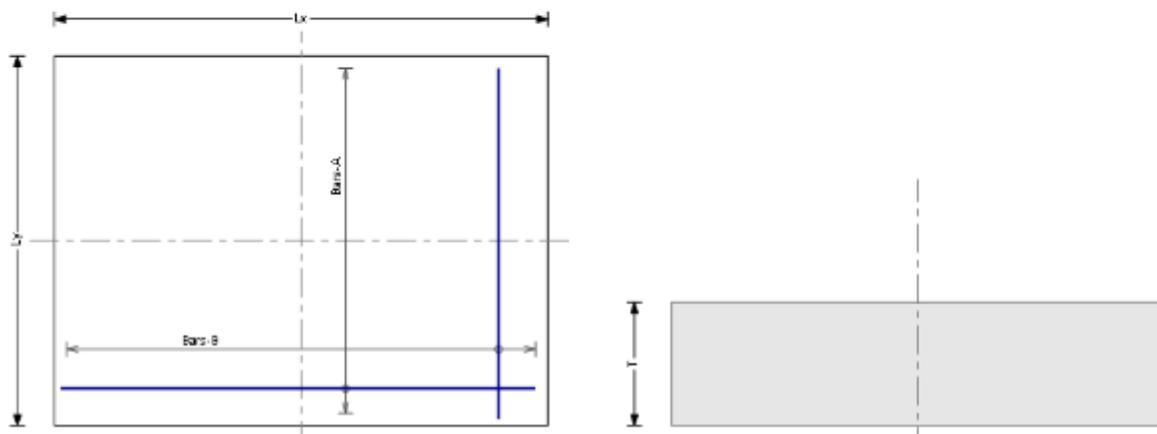


Figura 47. Planta y elevación de la zapata aislada, análisis No lineal

#### 4.4 RESULTADO DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE PILOTES

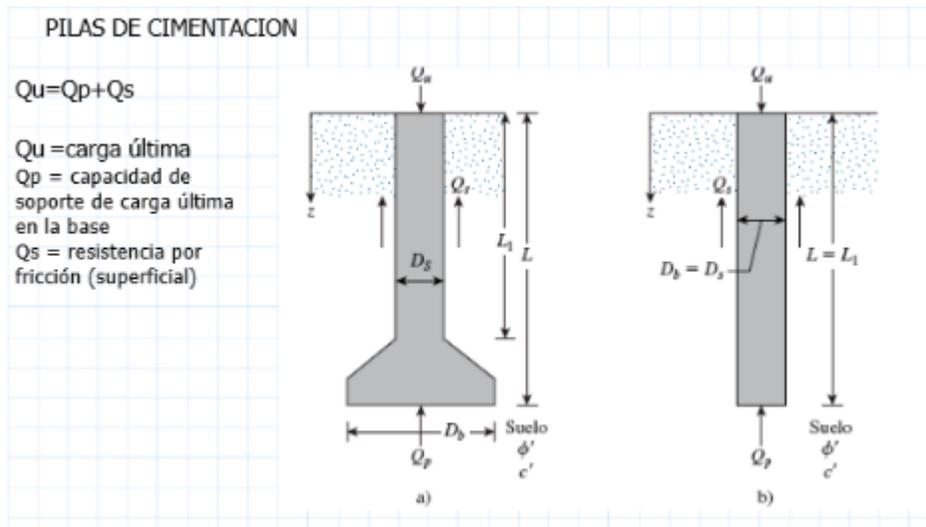


Figura 48. Esquema de carga para el pilote o pila de cimentación

#### Revisión de Esfuerzo en el Terreno

$$F_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c := 4000 \text{psi}$$

$$\gamma_c := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 2.698 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_r := 14.234 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$C_a := 1.94 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 21.385 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$$

$$\theta := \frac{25}{180} \cdot \pi$$

Cálculo de la Fricción TIA/EIA-222-F 7.2.4.2

$$L = 6.00 \text{ m}$$

$$\phi_{\text{fuste}} = 1.10 \text{ m}$$

$$\phi_{\text{campana}} = 2.50 \text{ m}$$

$$c = 0.38 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi = 45^\circ$$

$$\gamma = 1.60 \text{ ton/m}^3 \text{ FS} = 2$$

### Cargas de Diseño

Elementos Mecánicos sin Factorizar

CM + VIENTO

CM - VIENTO

Elementos Mecánicos Factorizados

1.2 CM+ VIENTO

0.9CM + VIENTO

ACI 9.2.1

$$P1 := 1421 \text{ kN}$$

$$P := 1558 \text{ kN}$$

$$V_x := 0 \text{ tonf}$$

$$V_{x1} := 0 \text{ tonf}$$

$$V_{z1} := (108.116) \text{ kN} = 12.153 \cdot \text{tonf}$$

$$V_z := (114.76) \text{ kN} = 12.9 \cdot \text{tonf}$$

$$M_{x1} := (0) \text{ kN} \cdot \text{m} = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_x := M_{x1} = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z1} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_z := 0 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$U_{\text{lift}} := 1421.202 \text{ kN}$$

### Calculo de Fricción TIA/EIA-222-F 7.2.4.2

$$L_o := 3.00 \text{ m}$$

$$D_{\text{fuste}} := 1.2 \text{ m}$$

$$D_{\text{campana}} := 2.5 \text{ m}$$

$$C_{\text{oe}} := 0.19 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma_s := 19.092 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$F_s := 2.00$$

$$f_{su} = \alpha c + \gamma z K_s \tan \delta$$

### ECUACIÓN DE FRICCIÓN

$$\alpha := 0.45$$

$$K_s := 1 - \sin\left(\frac{25}{180} \cdot \pi\right) = 0.577$$

$$\delta_s := 0.75 \cdot \theta = 0.327$$

$$F_{su}(Z) := \alpha \cdot C_{oe} + \gamma_s \cdot Z \cdot K_s \cdot \tan(\delta_s)$$

Profundidad

$$Z := \begin{pmatrix} 1\text{m} \\ 2\text{m} \\ 3\text{m} \\ 4\text{m} \\ 5\text{m} \\ 6\text{m} \end{pmatrix}$$

$$F_{su}(Z) = \begin{pmatrix} 4.503 \\ 8.245 \\ 11.986 \\ 15.728 \\ 19.47 \\ 23.212 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$A_s := \pi \cdot D_{fuste} \cdot 1\text{m}$$

$$A_s = 3.77 \text{m}^2$$

$$F_{sa}(Z) := F_{su}(Z) \cdot A_s$$

$$L_p := 6.0\text{m}$$

## PROFUNDIDAD DE ANCLAJE

$$F_{sa}(Z) = \begin{pmatrix} 16.974 \\ 31.081 \\ 45.188 \\ 59.295 \\ 73.401 \\ 87.508 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$FS := 2$$

$$Q_{af} := \sum_{i=0}^5 F_{sa}(Z)_i$$

$$Q_{af} = 313.447 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{PERMFRICCION} := \frac{Q_{af}}{FS} = 156.724 \cdot \text{kN}$$

## Cálculo de la capacidad en la punta

$$Q_{ap} = q_{ba} \cdot A_b$$

$$q_{bu} = c \cdot N_c + q' \cdot N_q$$

Factores de Resistencia

$$q := \gamma_s \cdot L_p$$

$$N_q := e^{\pi \cdot \tan(\theta)} \cdot \left( \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right) \right)^2 = 10.66$$

$$N_c := \cot(\theta) \cdot (N_q - 1) = 20.72$$

$$q_{bu} := C_{oe} \cdot N_c + q \cdot N_q = 1256.394 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{ba} := \frac{q_{bu}}{FS} = 628.197 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$A_b := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{campana})^2 = 4.91 \text{ m}^2$$

$$L_p = 6 \text{ m}$$

$$Q_{ap} := q_{ba} \cdot A_b = 3084 \cdot \text{kN}$$

$$P_{11} := P_1 + D_{fuste} \cdot D_{campana} \cdot L_p \cdot \gamma_c$$

CARGA SIN MAYORAR

$$Q_{total} := Q_{af} + Q_{ap} = 3397.102 \cdot \text{kN}$$

Mayor que

$$P_{11} = 1853 \cdot \text{kN} \quad \text{ok}$$

#### Revisión por extracción TIA/EIA-222F 7.2.4.4

$$\beta = 30$$

$$r := \frac{D_{campana}}{2} = 1.25 \text{ m}$$

$$\beta := \frac{30}{180} \pi$$

$$A_f := \frac{\pi \cdot (D_{fuste})^2}{4} = 1.131 \text{ m}^2$$

$$L_p = 6 \text{ m}$$

$$R_f := \tan(\beta) \cdot L_p + r = 4.714 \text{ m}$$

$$\gamma_r = 14.234 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_r := \left[ \frac{\pi}{3} \cdot L_p \cdot (R_f^2 + r \cdot R_f + r^2) - A_f \cdot L_p \right] \gamma_r = 2557.647 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Voldeconcreto} := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{fuste})^2 \cdot L_p + \frac{\pi}{3} \cdot \left[ \left( \frac{D_{campana}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{fuste}}{2} \right)^2 \right] \cdot 0.5 \text{ m} + \pi \cdot 0.5 \text{ m} \cdot \left( \frac{D_{campana}}{2} \right)^2 *$$

$$W_c := \text{Voldeconcreto} \cdot \gamma_c = 236.876 \cdot \text{kN}$$

$$A_b = 4.909 \text{ m}^2$$

$$L_p = 6 \text{ m}$$

$$\frac{W_r}{2} + \frac{W_c}{1.25} = 1468.325 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Uplift} := 1421.202 \text{ kN}$$

$$\frac{W_r + W_c}{1.5} = 1863.016 \cdot \text{kN}$$

### Revisión de longitud mínima de pila TIA/EIA-222-F 7.2.5

$$x := \frac{D_{\text{campana}}}{m}$$

$$S_s := 114$$

$$M := 0$$

$$L_d := 0.61 + \frac{S_s}{143 \cdot x} + 2 \cdot \frac{S_s^2}{41333 \cdot (x)^2} + \frac{S_s}{96} + \frac{M}{(143 \cdot x)^5} = 2.217 \quad \text{OK}$$

$$L_p = 6 \text{ m}$$

### DISEÑO ESTRUCTURAL CORRESPONDE EL 1 % DEL ÁREA BRUTA

$$\text{InerciaCirculo} := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{D_{\text{fuste}}}{2} \right)^4 = 0.102 \text{ m}^4$$

$$\text{Area} := \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{fuste}}^2$$

$$\text{radiodegiro} := \sqrt{\frac{\text{InerciaCirculo}}{\text{Area}}}$$

$$K_{\text{esb}} := 1$$

$$L_p = 6 \text{ m}$$

Columna corta por lo que el Diseño será tratado como tal.

$$\text{ESBELTEZ} := \frac{K_{\text{esb}} \cdot L_p}{\text{radiodegiro}} = 20$$

$$\text{AREACEROnorma} := 0.01 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{fuste}})^2 = 17.53 \cdot \text{in}^2$$

Acero por espaciamiento menor a 15 cm

$$\text{Espaciamiento1} := \frac{\pi \cdot (D_{\text{fuste}} - 0.15 \text{ m})}{22} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{VACEROTOTAL} := \text{AREACEROnorma} \cdot L_p \cdot 1.02 = 0.069 \text{ m}^3$$

$$\text{Acerolong} := 7854 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{VACEROTOTAL} = 543.619 \text{ kg}$$

22 BARRAS a cada 15 cm No8 EN TODO EL PERÍMETRO.

COMO LA BARRA ES DE No8 LOS ESTRIBOS SON DE No3

Espaciamiento de estribos espirales no debe ser mayor a 3 in

$$\text{Numestribus} := L_p \frac{1}{3 \text{ in}} = 78.74$$

$$\text{ACEROTRANSVERSAL} := \text{Numestribus} \cdot \pi (\text{Dfuste}) \cdot 0.11 \text{ in}^2 \cdot 7854 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 165.454 \text{ kg}$$

$$\text{Acerototal} := (\text{ACEROTRANSVERSAL} + \text{Acerolong}) \cdot 3 = 2127.221 \text{ kg}$$

$$L_p = 6 \text{ m}$$

$$\text{Volconcreto} := \frac{\pi}{4} \cdot (\text{Dfuste})^2 \cdot L_p + \frac{\pi}{3} \cdot \left[ \left( \frac{\text{Dcampana}}{2} \right)^2 - \left( \frac{\text{Dfuste}}{2} \right)^2 \right] \cdot 0.5 \text{ m} + \pi \cdot 0.5 \text{ m} \cdot \left( \frac{\text{Dcampana}}{2} \right)^2$$

$$\text{Volconcreto} = 9.87 \text{ m}^3$$

$$\text{VolConcretoTOTAL} := 3 \cdot \text{Volconcreto} = 29.61 \text{ m}^3$$

$$\text{Rp} := \left( \tan \left( \frac{30}{180} \cdot \pi \right) \right) \cdot 5 \text{ m} + \frac{\text{Dcampana}}{2} = 4.137 \text{ m}$$

$$\text{Vexcavado} := 3 \cdot \text{Volconcreto} = 29.61 \text{ m}^3$$

$$\text{VoldeRelleno} := 0$$

$$\text{Dcampana} = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Dfuste} = 1.2 \text{ m}$$

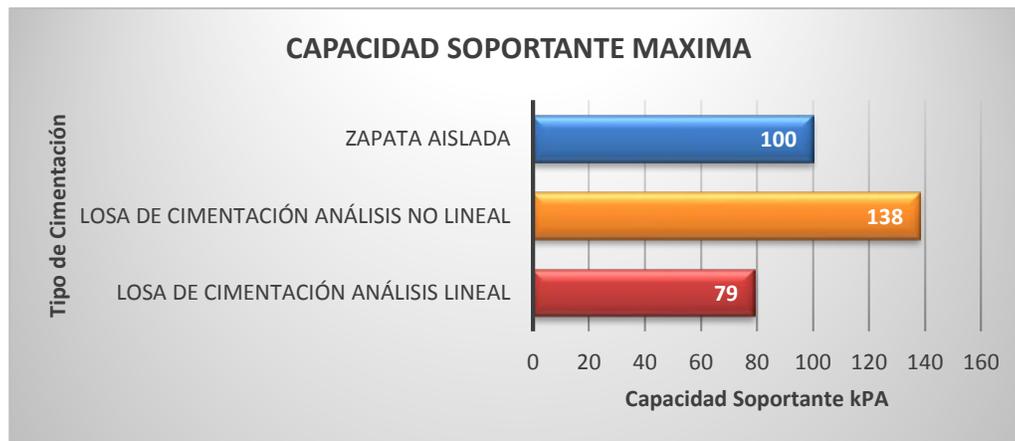
$$\text{VOLUMENDEEXCAVACION} := 3 \cdot \text{Volconcreto} + \text{VoldeRelleno} = 29.61 \text{ m}^3$$

## 4.5 COMPARACIÓN DE DATOS TÉCNICOS DE LA TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN

**Tabla 10. Resumen resultado del análisis y diseño de las cimentaciones**

ITEM	TIPOLOGÍA	DIMENSIONES				CAPACIDAD			CANTIDAD DE MATERIALES			
		ÁREA BASE (m)	PERALTO (m)	H (m)	DIÁMETRO (m)	SOPORTANTE MAX Kpa	VOLTEO FS≥ 1.5	EXTRACCIÓN kN	ACERO (kg)	CONCRETO (m³)	EXCAVACIÓN (m³)	RELLENO (m³)
1	LOSA DE CIMENTACIÓN ANÁLISIS LINEAL	12X12	0.4	1.2	N/A	79	2.29	1931	11,190.25	57.60	172.80	115.20
2	CIMENTACIÓN ANÁLISIS NO LINEAL	9.5X9.50	0.7	1.5	N/A	138	1.54	1700	4,498.67	63.18	135.38	72.20
3	ZAPATA AISLADA	6X6	1.5	2.3	N/A	100	20	1325	7,112.00	162.00	248.40	86.40
4	PILOTE	0	0	6	Df=1.2m Dc=2.5m	N/A	N/A	1468	2,127.22	29.61	29.61	0.00
<b>DATOS ESTADISTICOS</b>												
	Media					102.92	4.13	1,589.62	5,253.30	64.64	114.53	89.57
	Mediana					100	2.29	1584	5805.335	60.3875	154.0875	86.40

En la Tabla 10 se hace una comparación de los valores que resultaron en el diseño de cada una de las cimentaciones, en la capacidad soportante, el factor de seguridad ante el volteo, y la capacidad que posee la cimentación ante la extracción según la norma TIA 222-F.



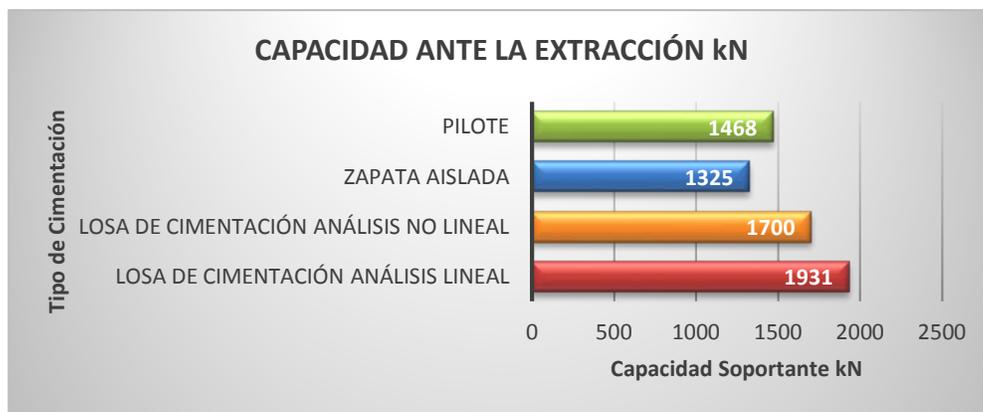
**Figura 49. Comparación capacidad soportantes por tipo de cimentación**

En la Figura 49 se muestra la comparación de las capacidad soportante de cada una de la cimentaciones, todas resultan menores a la capacidad del suelo que es 190 kPA; se puede observar la losa de cimentación análisis No lineal es la que mayor capacidad soportante tiene (138 kPA) respecto a las otras tipología, en cambio la losa de cimentación análisis lineal, es la tiene menor capacidad soportante (70 kPA). La media de la capacidad sopórtate de los casos de estudio es de 102.92 kPA.



**Figura 50. Comparación del factor de volteo por tipo de cimentación**

En la Figura 50 se muestra los valores que resultaron de los diseño de la cada una de la tipologías de cimentación, siendo la zapata aislada la que tiene mayor factora de seguridad de 20, esto es 1233% sobre el valor admisible del factor seguridad que indiacas el código que es 1.5; par el caso de la losa de cimentación análisis lineal tiene una FS de 2.29 y es 53% mayor que 1 FS admisible y finalmente la losa de cimentación análisis No lineal resulto con FS de 1.54 muy cercano al FS admisible, es un 3% mayor.



**Figura 51. Capacidad de las tipologías de cimentación ante la fuerza de extracción**

En la Figura 51 se muestra la capacidad ante la fuerza de extracción debido al viento que tiene cada tipo de cimentación, para el caso de la losa de cimentación análisis lineal es un 34% superior al valor admisible (1,439 kN) que indica la TIA-222F, y en cambio la losa de cimentación análisis No lineal es 18% mayor al admisible. El pilote tiene una capacidad ante la extracción de 1,468 kN siendo este valor 13% mayo que al admisible para este tipo de cemento (1,297 kN).

#### 4.6 ESTRUCTURA DE COSTOS DE CADA TIPO DE CIMENTACIÓN

**Tabla 11. Costos constructivos por tipo de cimentación**

LOSA DE CIMENTACIÓN ANÁLISIS NO LINEAL							
No.	Descripción	Und	PU	Cantidad	Total	ITE (Und/m)	ITE Valor (\$/m)
1	Excavación	m3	\$10.95	135.38	\$1,481.76	2.26	24.70
2	Acero de refuerzo	Kg	\$1.49	4,498.67	\$6,713.97	74.98	111.90
3	Concreto	m3	\$121.17	63.18	\$7,654.75	1.05	127.58
4	Relleno	m3	\$16.67	72.20	\$1,203.57	1.20	20.06
	<b>Costo Total</b>				<b>\$17,054.05</b>		284.23
LOSA DE CIMENTACIÓN ANÁLISIS LINEAL							
No.	Descripción	Und	PU	Cantidad	Total	ITE (Und/m)	ITE Valor (\$/m)
1	Excavación	m3	\$10.95	172.80	\$1,891.40	2.88	31.52
2	Acero de refuerzo	Kg	\$1.49	11,190.25	\$16,700.73	186.50	278.35
3	Concreto	m3	\$121.17	57.60	\$6,979.24	0.96	116.32
4	Relleno	m3	\$16.67	115.20	\$1,920.38	1.92	32.01
	<b>Costo Total</b>				<b>\$27,491.75</b>		458.20
ZAPATA AISLADA							
No.	Descripción	Und	PU	Cantidad	Total	ITE (Und/m)	ITE Valor (\$/m)
1	Excavación	m3	\$10.95	248.40	\$2,718.89	4.14	45.31
2	Acero de refuerzo	Kg	\$1.49	7,112.45	\$10,614.87	118.54	176.91
3	Concreto	m3	\$121.17	162.00	\$19,629.11	2.70	327.15
4	Relleno Mampostería	m3	\$83.33	86.40	\$7,200.00	1.44	120.00
	<b>Costo Total</b>				<b>\$40,162.87</b>		669.38
PILOTE							
No.	Descripción	Und	PU	Cantidad	Total	ITE (Und/m)	ITE Valor (\$/m)
1	Excavación	m3	\$10.95	29.61	\$324.10	0.49	5.40
2	Acero de refuerzo	Kg	\$1.49	2,127.22	\$3,174.74	35.45	52.91
3	Concreto	m3	\$121.17	29.61	\$3,587.77	0.49	59.80
4	Relleno	m3	\$16.67	0.00	\$0.00	0.00	0.00
	<b>Costo Total</b>				<b>\$7,086.60</b>		118.11

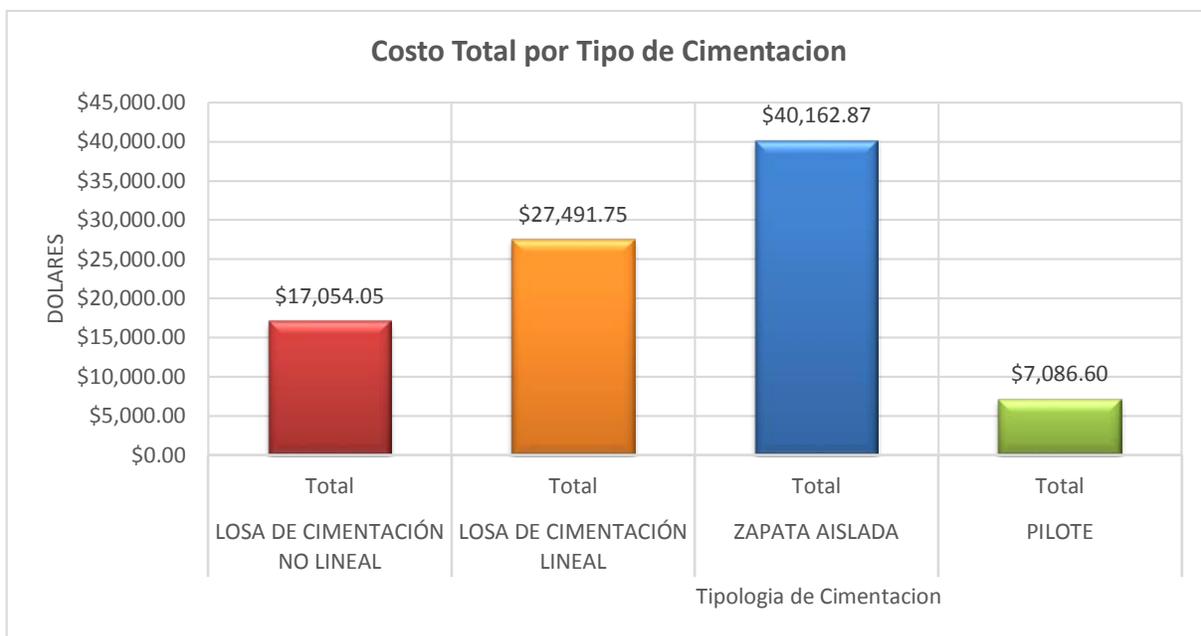
En la Tabla 11 se presenta los costos constructivos para cada una de la cimentaciones, esta estructura de costos comprende las actividades más relevantes que son excavación, acero de refuerzo, concreto y relleno, los precios están Dólares, la cantidades de obra fuero determinada del análisis y diseño realizado en las secciones anteriores de este capítulo.

#### 4.7 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO DE LA SOLUCIONES

**Tabla 12. Comparación de costos constructivos por tipo de cimentación**

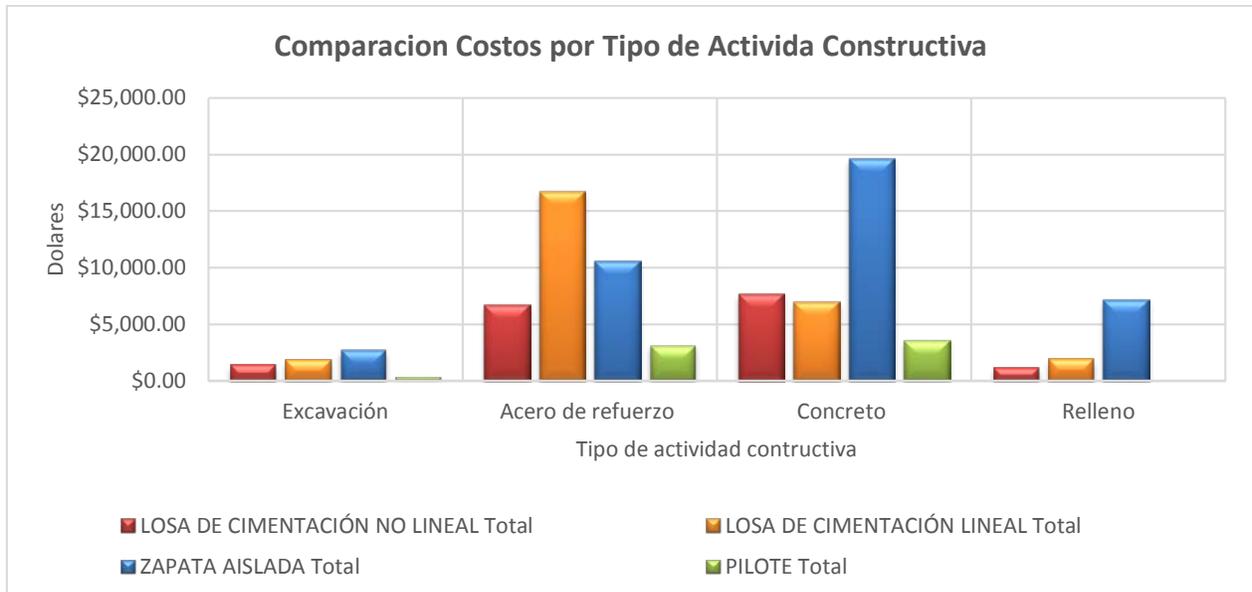
No.	Descripción	LOSA DE CIMENTACIÓN NO LINEAL	LOSA DE CIMENTACIÓN LINEAL	ZAPATA AISLADA	PILOTE	DATO ESTADISTICO	
		Total	Total	Total	Total	Mediana	Media
1	Excavación	\$1,481.76	\$1,891.40	\$2,718.89	\$324.10	\$1,686.58	\$1,253.60
2	Acero de refuerzo	\$6,713.97	\$16,700.73	\$10,614.87	\$3,174.74	\$8,664.42	\$7,840.33
3	Concreto	\$7,654.75	\$6,979.24	\$19,629.11	\$3,587.77	\$7,316.99	\$7,831.88
4	Relleno	\$1,203.57	\$1,920.38	\$7,200.00	\$0.00	\$1,561.98	\$2,553.08
	<b>Costo Total</b>	<b>\$17,054.05</b>	<b>\$27,491.75</b>	<b>\$40,162.87</b>	<b>\$7,086.60</b>	<b>\$22,272.90</b>	<b>\$19,112.75</b>

En la tabla 12 se presenta la comparación de los costos totales por tipología de cimentación, en dólares, además se incluye los datos estadísticos de la media y mediana para variables de excavación, acero de refuerzo, concreto, relleno y finalmente del costo total.



**Figura 52. Comparación de costo por tipo de cimentación**

En la Figura 52 se muestra la comparación del costo total por tipo de cimentación, siendo la solución más económica la del pilote con un costo directo de \$7,086.60 y en caso contrario la solución de mayor costo es la zapata aislada con un costo de \$ 40,162.87.



**Figura 53. Comparativo por tipo de actividad constructiva para tipo de cimentación**

En la Figura 53 se muestra una comparación de costo por tipo de actividad constructiva, para el caso de la excavación la zapata aislada es la que tiene mayo metros cúbicos de excavación y el pilote el que menos metros cúbicos de excavación requiere.

#### 4.8 DIAGRAMA CAUSA EFECTO



Figura 54. Diagrama Causa y Efecto, proyecto de investigación Racionalización d cimentaciones para torres de telefonía móvil

En la Figura 54 se presenta el diagrama de causa-efecto, conocido también como diagrama de Ishikawa en él se expresan los factores que causa un efecto en la variable dependiente de esta investigación, a continuación se detalla cada uno de estos factores:

#### Materiales:

- a. Resistencia de acero: esta influye en la cantidad de acero que requieren la cimentación, además este parámetro es muy importante en la determinación de la capacidad al cortante y punzamiento.
- b. Resistencia del concreto: esta influye en la capacidad al punzamiento, al bajar la resistencia de este material implicaría una sección de concreto mayor.

#### Mano de Obro:

- a. Capacidad y Experiencia: Es muy importante que el proyectista que realiza el análisis y diseño de la cimentación tenga conocimiento de los factores que pueden influir en un diseño racional de la cimentación y esto se logra con la experiencia.

#### Maquinaria:

- a. Equipo de cómputo y programa de diseño: se requieren programas de diseño de cimentaciones que estén basados en el Método de Elementos Finitos y que pueda realizar análisis No lineal en los casos donde lo amerite. Este tipo de cálculo se facilita con la herramienta de cómputo.

#### Método:

- a. Código y especificaciones: esta influye en los factores de seguridad por estabilidad y deformación que debe cumplir las cimentaciones.
- b. Análisis Lineal y No lineal: en el caso del *Análisis No lineal* lo que se revisa es la respuesta no lineal del material fuera del rango elástico y la no linealidad geométrica, es decir, la consideración de las condiciones de equilibrio sobre la estructura deformada (análisis en segundo orden). Para el caso *Análisis lineales*, basados en las hipótesis de comportamiento elástico-lineal de los materiales y considera el equilibrio de la estructura sin deformar (análisis en primer orden)

- c. Método de elementos finitos: por este método se realiza una adecuada instrucción entre el suelo y la estructura, esto se logra a través de la modelización de la rigidez de los vínculos entre cimentación y terreno al hacer uso de muelles elásticos

Medio ambiente:

- a. Carga de diseño: la carga tiene influencia en las dimensiones de estructura ya que esta debe ser capaz de resistir dichas acciones en conjunto con la interacción del suelo, en el caso particular de la cimentación para torres de telefonía móvil, una de las cargas que más influye es la del viento.
- b. Capacidad soportante del suelo: este es un parámetro que tiene una influencia directa en las dimensiones de la cimentación.

Medidas:

- a. Este factor está más relacionado con las dimensiones de las cimentaciones, ya influyen en las cantidades de excavación, relleno y concreto que se requiere.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se desarrollan las conclusiones y recomendaciones más importantes que surgieron en análisis de los resultados obtenidos del capítulo anterior y siempre basándose en la pregunta de investigación y objetivos de este trabajo.

### 5.1 CONCLUSIONES

- Las tres tipologías utilizadas para cimentación de las torres fueron: la losa de cimentación, zapata aislada y pilotes, para su diseño influyo la capacidad soporte del suelo, profundidad del cimiento, geometría, los métodos de análisis, códigos, especificaciones técnicas y las cargas aplicadas; resultado para una capacidad soportante del suelo de  $q_a = 1.94 \text{ kg/cm}^2$  la tipología de cimentación más económica la del pilote, logrando un ahorro del 74% en los costos constructivos con respecto a la losa de cimentación no línea y 82% con respecto a la zapata aislada, permitiendo con ello un ahorro en el presupuesto o en su defecto mayor posibilidad de inversión para las empresas de Telecomunicaciones.
- Con el análisis y diseño de cimentación por medio software, simplifica el proceso y por medio del programa se logró determinar soluciones más económicas.
- Los métodos de cálculo lineales son los más utilizados para el análisis de estructuras, pero para el caso de la losa de cimentación y la zapata aislada, fue necesario realizar un análisis No lineal ya que se observó que en estas cimentaciones no existía una proporcionalidad entre la acción y la respuesta cuando se analizaron linealmente, ya que la capacidad soportante del suelo quedaba sobrada ante las cargas a que era sometida y el tamaño de la estructura era bastante considerable y antieconómica.
- Las cimentaciones son estructuras cuyo comportamiento resulte afectado significativamente por las condiciones de deformabilidad del terreno donde se apoya, por lo cual en esta investigación se hizo uso del método de elementos finitos (MEF) para modelar adecuadamente los efectos de la interacción suelo-estructura en el análisis para las cimentaciones de torres de telefonía móvil, y con ello se logró diseños más racionales.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- En las especificaciones técnicas de SERCOM se debería incluir un apartado donde se indique al contratista, que al momento de determinar el tipo de cimentación a diseñar debe ser la solución más económica posible, sin afectar la resistencia, funcionalidad y durabilidad de la estructura.
- Se recomienda que el análisis para las cimentaciones de torres, deberá abordarse mediante modelos estructurales que incorporen adecuadamente los efectos de la interacción suelo-estructura, como es el caso de MEF.
- Proponer que en las especificaciones técnicas se solicite a los contratistas que los análisis y diseños de cimentación se realicen por medio de programas que estén basados en el método de elementos finitos, ya que hay estudios que demuestran que estos diseños resultan ser más óptimos que los realizados por los métodos analíticos.
- Para asegurar la fiabilidad de los resultados de una modelización de la interacción suelo-estructura por MEF se recomienda una estrecha colaboración entre el proyectista de la estructura y el experto geotécnico, para establecer las condiciones de rigidez del modelo, para ellos es necesario determinar el coeficiente de balasto y este dato debe formar parte del estudio del suelo.
- Para futuros estudios se podría analizar y diseñar por MEF los mismos tres tipos de cimientos definidos en esta tesis, con la variante de cambiar el tipo de suelo para realizar la comparación técnica-económica de cada modelo y por tipo de suelo.

## **CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD**

Este capítulo se presenta el valor agregado que surgió después de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación.

### **6.1 MODELIZACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO, A FIN DE RACIONALIZAR LAS CIMENTACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL**

#### 6.2 INTRODUCCIÓN

#### 6.3 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA O PLAN DE ACCIÓN

##### 6.3.1 CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES

##### 6.3.2 CAPÍTULO 2. CRITERIOS BÁSICOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO PARA CIMENTACIONES DE TORRES

##### 6.3.3 CAPÍTULO 3. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN Y DISEÑO DEL TIPO DE CIMENTACIÓN

##### 6.3.4 CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES HACIENDO USOS DE SOFTWARE

##### 6.3.5 CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN DE PLANO Y MEMORIA DE CÁLCULOS

#### 6.4 PRESUPUESTO

#### 6.5 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

### **6.2 INTRODUCCIÓN**

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación evidencian la necesidad de racionalizar la tipología de las cimentaciones e implementar una metodología para optimizar el diseño geotécnico y estructural de cimentaciones para la torres de telefonía móvil utilizando herramientas computacionales como programas de diseño basados en el método de elementos finitos (MEF) y complementar los métodos numéricos clásicos; y así las empresas de telecomunicación podrán generar ahorro importante en el despliegue de su infraestructura para nuevas áreas cobertura de servicios o la modernización de su red móvil.

Esta investigación establece una nueva opción de análisis y diseño que estaría dirigido a los profesionales de empresas consultoras y constructoras que realizan diseños clásicos, y así

encontrar con nuevas formas para resolver este tipo de cimentación donde intervienen problemas de espacio, estabilidad predominantemente y resistencia. También complementa las especificaciones técnicas de diseño que ya posee la empresa CLARO para el diseño de torres, manteniendo los objetivos generales de la ingeniería que establece que los diseños geotécnicos y estructurales de las cimentaciones sean seguros, económicos, eficaces y eficiente.

### **6.3 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

La metodología de diseño geotécnico y estructural sería una guía con procedimientos y recomendaciones para el diseño racional y óptimo de las cimentaciones para torres, y que sea la base para uniformizar la práctica del diseño dentro de los estándares mínimo y los criterios expresados en las normas, especificaciones y códigos que se utilizan para este tipo de estructuras a nivel nacional e internacional.

Sería responsabilidad del diseñador cumplir todos los criterios y prácticas que contenga el método, de igual forma deberá identificar aquellos casos particulares en los que no sea posible ajustarse a los estándares estipulados en el documento, quedando a su discreción y a una buena justificación ante CLARO la decisión de cambios en el procedimiento del diseño, siempre y cuando estos no afecten negativamente la estabilidad y la seguridad de la estructura en su conjunto, y no conduzcan a soluciones económica y ambientalmente irracionales.

Los códigos, normas y especificaciones que sería la base para la elaboración del manual sería ACI 318-14, Código Hondureño de Construcción, TIA222-G, y Especificaciones Técnicas Diseño de Torres de Claro para Centroamérica. El método se segmentaría de acuerdo a los puntos que se detallan a continuación:

#### **6.3.1 CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES**

Se plantearía el propósito del método y de su organización, así como sus limitaciones. Se detallará el alcance mínimo que debería tener el estudio de geotécnico y definir en qué enfoque se basa, si por resistencia o por servicio, como por ejemplo capacidad soportante, ángulo de fricción, cohesión, coeficiente de balasto por área y lineal. Proponer las combinaciones que

gobiernan y los programas de análisis y diseño para cimentación en computadora compatibles o no con los utilizados en el análisis y diseño de la súper estructura, que se recomienda utilizar y el complemento con los métodos numéricos clásicos apoyados en hojas electrónicas con programas como Mathcad y Excel definiendo el sistema de unidades a utilizar y las equivalencias en otros sistemas de unidades y sistemas de coordenadas en caso de requerirse hacer conversiones.

### **6.3.2 CAPÍTULO 2. CRITERIOS BÁSICOS DE ANÁLISIS Y DISEÑO PARA CIMENTACIONES DE TORRES**

En este capítulo se propone el uso de SAFE trasladando las solicitaciones de las súper estructura analizada y diseñada ya sea en Staad.pro o Etabs, con la ventaja que se puede importar directamente si la súper estructura es modelada y diseñada en Etabs. De ser modelada en otro programa que no sea compatible se tendrá que trasladar manualmente las solicitaciones de un programa a otro con el cuidado del cambio de la posición y dirección de los ejes, Ejemplo de Staad.pro a SAFE, ``Y`` en Stadd.pro directo a ``Z`` en SAFE; ``X`` a ``Y`` con un menos en el valor, ``Z`` a ``X`` con el signo menos, de Staad.pro ``Mx`` es ``-My`` en SAFE y así; ``Mz`` es ``-Mx``, ``My`` es ``-Mz`` respectivamente.

El análisis y diseño abordaría el método basado en estados límite de resistencia y de servicio, dependiendo de la información geotecnia, se definen materiales, elementos de cimentación, refuerzo, propiedades de suelo modelado por medio del coeficiente de balasto que sea establecido por el estudio geotécnico, combinaciones de carga que gobiernan propuestas por los códigos y se utilizaría la modelación por método de elementos finitos (MEF) y análisis de segundo orden para la capacidad soportante. Para el caso de revisión de la estabilidad como vuelco, extracción y deslizamiento apoyado en hojas electrónicas en Mathcad o Excel, teniendo el cuidado de comprobar la capacidad soportante por métodos numérico; el diseño estructural, comenzando por el funcionamiento y distribución de refuerzo será establecido por resistencia detallado en distribución obtenida por elementos finitos.

### **6.3.3 CAPÍTULO 3. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN Y DISEÑO DEL TIPO DE CIMENTACIÓN**

Se requiere considerar antes de analizar y diseñar una cimentación, basándose en obtener el diseño racional y que dé como resultados una optimización en los costos constructivos, aspectos como tipo de suelo, espacio disponible, limitado por estructuras aledañas, zona, estudio de suelo, profundidad de cimentación.

### **6.3.4 CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES HACIENDO USOS DE SOFTWARE.**

Se detallaría las solicitaciones de la torre como ser, carga por peso propio y peso de los accesorios, carga por viento dependiendo la zona y demás factores que establece el código, proporcionados por el análisis y diseño de la torre, también un parámetro importante es la profundidad que está determinada por la ecuación definida en la norma TIA-222-F. Luego establecer los requerimientos mínimos a cumplir en el diseño de la cimentación a la luz de los criterios de estabilidad, capacidad soportante y deformación de la cimentación que estipulan los códigos, con respecto al diseño geotécnico y luego se detallaría los requerimientos mínimos a cumplir que estipulan los códigos con respecto al diseño estructural, punzonamiento, extracción que ayudan a determinar espesores y cuantía de acero para soportar las tensiones que se generan en el elemento.

La modelación de zapata aislada y losa de cimentaciones en SAFE nos ayudara a sensibilizar los espesores y dimensiones del elemento, optimizando para todos los casos de combinaciones de carga, haciendo el análisis no lineal que elimina la acción del coeficiente de balasto a tensión. El diseño del pilote se haría en hoja electrónica en Mathcad o Excel buscando siempre sensibilizar el diámetro y profundidad que aparte de encontrar un mejor estrato de capacidad de soportante encontraríamos una resistencia a la extracción que en estos casos al igual que la zapata aislada gobierna este parámetro. Luego de encontrar las dimensiones más económicas basadas en volúmenes de excavación, concreto, relleno se hará el diseño estructural por MEF en el caso de losa de cimentación y zapata aislada y diseño como columna corta para el pilote que corresponde a colocar el 1 % de la sección de concreto en acero distribuida uniforme

en todo el perímetro, encontrando así la cantidad de acero en las tres tipologías y por ende el costo total del sistema el cual seleccionaríamos por economía, a no ser sea por otro parámetro como ser espacio.

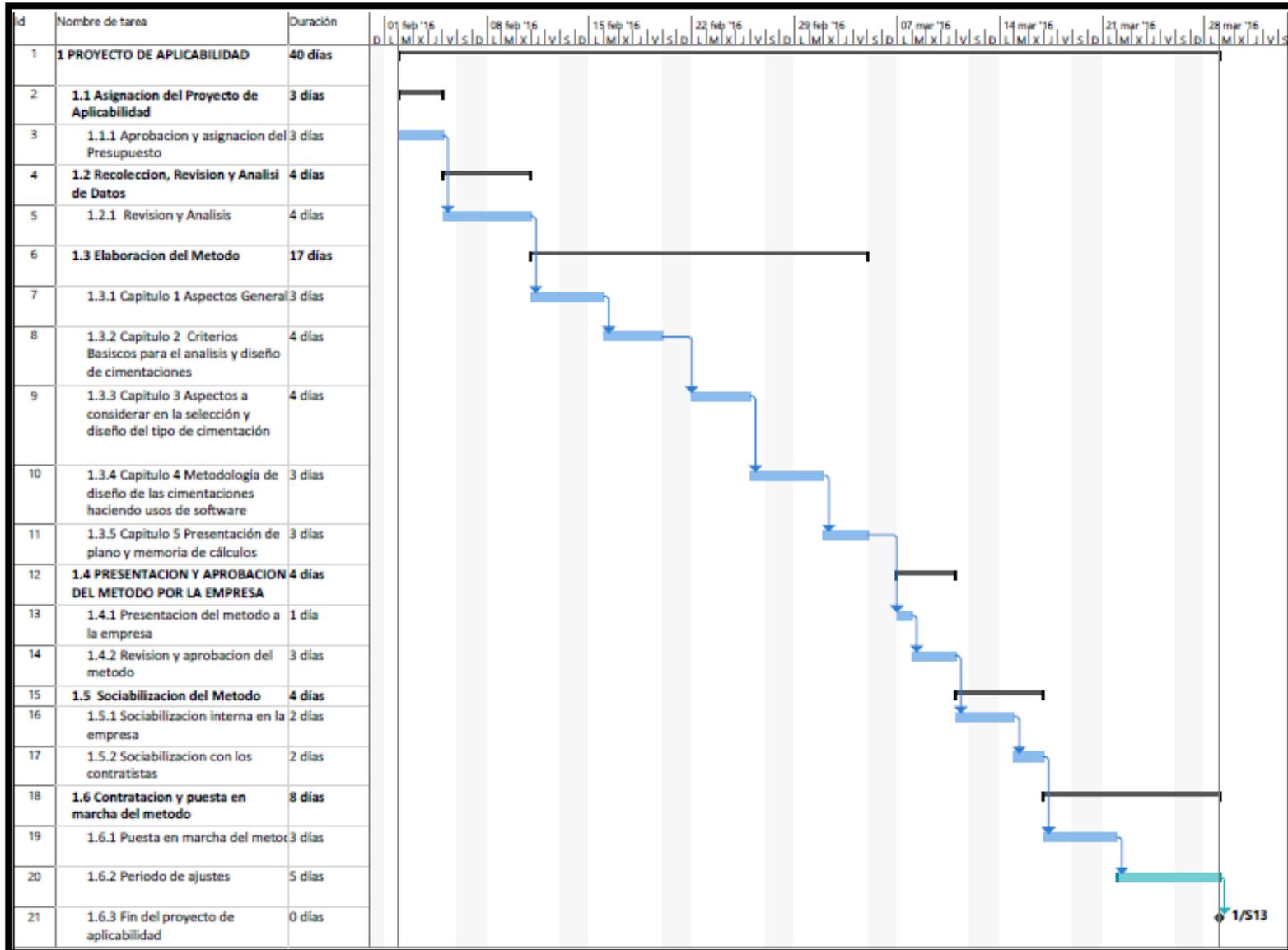
### 6.3.5 CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN DE PLANO Y MEMORIA DE CÁLCULOS

En este capítulo se debe presentar los planos de las cimentaciones, parámetros de diseño, memoria de cálculo, como ser la revisión de los parámetros de estabilidad y resistencia y comparación, Conclusión de cual sistema y por qué se escogió, racionalización.

### 6.4 PRESUPUESTO

<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. U.</b>	<b>SUBTOTAL</b>
1	ELABORAR EL METODO	GL	1	\$ 1,465.00	\$ 1,465.00
2	DESARROLLO DE PROPUESTA ECONOMICA A LAS EMPRESAS	GL	1	\$ 200.00	\$ 200.00
3	SOCIALIZAR METODO EN EMPRESAS Y CONTRATISTAS	GL	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
4	PRESENTACION DEL METODO	GL	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
5	GASTOS DE CONTRATACION	GL	1	\$ 500.00	\$ 500.00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4,165.00</b>

## 6.5 CRONOGRAMA



**Tabla 13. Verificación de la Concordancia del documento con la propuesta**

Titulo	Problema	Pregunta de investigación	Objetivos		Conclusiones	Recomendaciones	Aplicabilidad
			General	Específico			
Racionalización de cimentación para torres de telefonía móvil	No se tiene iniciativa para la optimización económica las estructuras de cimentación para torres de telecomunicación	¿Existe sobre diseño en las cimentaciones realizadas hasta ahora por las empresas fabricantes de torres?	Contribuir a optimizar la inversión en cimentación de torres para telefonía móvil mediante uso de modelos por el método de elemento finito, a fin de racionalizar las cimentaciones y hacer más eficiente el uso del recurso técnico, material y económico	Identificar las posibles variantes de tipología de cimentación a ser analizadas y los factores que influyen.	Las tres tipologías utilizadas para cimentación de las torres fueron la Losa de cimentación, Zapata aislada y pilotes, para su diseño influyo la capacidad soporte del suelo, profundidad del cimient, geometría, los métodos de analisis, códigos, especificaciones técnicas y la cargas aplicadas; resultado la tipología de cimentación más económica la del pilote , logrando un ahorro del 74% en los costos constructivos con respecto a la losa de cimentación no línea y 82% con respecto a la zapata aislada, permitiendo con ello un ahorro de presupuesto o en su defecto mayor posibilidad de inversión para las Empresas de Telecomunicaciones.	En las especificaciones técnicas de SERCOM se debería incluir un apartado donde se indique al contratista, que al momento de determinar el tipo de cimentación a diseñar debe ser la solución más económica posible, sin afectar la resistencia, funcionalidad y durabilidad de la estructura.	Modelización por el método de elemento finito, a fin de racionalizar las cimentaciones de telefonía móvil
		¿Cuáles son las tipologías más económicas para bases de cimentación de torres de telecomunicación?		Recopilar de la memorias de revisión estructura realizada a la torres de telecomunicación de Honduras para determinar las solicitudes que se transmiten a los cimientos para variante de torre elegida.			
		¿Cuál es la metodología o procedimientos de diseño de los diferentes tipos de cimentaciones utilizadas en torres de telecomunicación a la luz de los conocimientos actuales?		Analizar los diferentes diseños en cimentaciones para torres que se usan actualmente. Realizar comparaciones entres cada una las soluciones de diseño para cimentación de torres de telecomunicación.			
		¿Cuáles son los Índices Técnicos-Económicos (ITE's) para cada tipología de cimentación?		Aplicar los resultados del estado del conocimiento actual en la temática de diseño geotécnico y estructural para la racionalización de diseños de cimentaciones.			
				Con el análisis y diseño de cimentación por medio software, simplifica el proceso y por medio del programa se logró determinar soluciones más económicas.	Los métodos de cálculo lineales son los más utilizados para el análisis de estructuras, pero para el caso de la losa de cimentación y la zapata aislada, fue necesario realizar un análisis No lineal ya que se observó que en estas cimentaciones no existía una proporcionalidad entre la acción y la respuesta cuando se analizaron linealmente, ya que la capacidad soportante del suelo quedaba sobrada ante las cargas a que era sometida y el tamaño de la estructura era baste considerable y antieconómica.	Se recomienda que el análisis para las cimentaciones de torres, deberá abordarse mediante modelos estructurales que incorporen adecuadamente los efectos de la interacción suelo-estructura, como es los casos de MEF.	
			Proponer una modelización por método de elemento finito (MEF) para un diseño estandarizado, geotécnico y estructural para las cimentaciones de torres de telefonía móvil, que permita la optimización de costo para las empresas de telecomunicaciones.	Las cimentaciones son estructuras cuyo comportamiento resulte afectado significativamente por las condiciones de deformabilidad del terreno donde se apoya, por lo cual en esta investigación se hizo uso del método de elementos finitos (MEF) para modelar adecuadamente los efectos de la interacción suelo-estructura en el análisis para las cimentaciones de torres de telefonía móvil, y con ello se logro diseño mas racionales.		Proponer que en las especificaciones técnicas se solicite a los contratistas que los análisis y diseños de cimentación se realicen por medio de programas que estén basados en el método de elementos finitos, ya que hay estudios que demuestra que estos diseños resultan ser más óptimos que los realizados por los métodos analíticos.	
						Para asegurar la fiabilidad de los resultados de una modelización de la interacción suelo-estructura por MEF se recomienda una estrecha colaboración entre el proyectista de la estructura y el experto geotécnico, para establecer las condiciones de rigidez del modelo, para ellos es necesario determinar el coeficiente de balasto y este dato debes formar parte del estudio de suelo.	
						Para futuros estudios se podría analizar y diseñar por MEF los mismos tres tipos de cimientos definidos en esta tesis, con la variante de cambiar el tipo de suelo para realizar la comparación técnica-económica de cada modelo y por tipo de suelo.	

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3d\_molier. (2008). Telecommunication Towers collection [3D Modelos]. Recuperado a partir de <http://www.turbosquid.com/3d-models/3ds-max-telecommunication-towers/420749>
- Balcáceres, P., Moreno, É., & Ibarra, L. (2015). La telefonía entra a la madurez en la región. *EL Economista*. Recuperado a partir de <http://www.economista.net/2015/02/19/la-telefonía-entra-a-la-madurez-en-la-region>
- Bentley Systems. (2015). STAAD.Pro [Software]. Recuperado a partir de <http://www.bentley.com/es-mx/Products/STAAD.Pro/>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (Tercer). Colombia: Pearson Educación.
- Chávez, W., & Zelaya, C. A. (2015). *Proyecto de Investigación*. Presentado en Coordinación Proyectos de Investigación Aplicada, UNITEC TEGUCIGALPA.
- Comité ACI 318. (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) (Versión en español y en sistema métrico)*. USA: american concrete institute.
- CSI. (2014). SAFE Releases. Recuperado a partir de <https://www.csiamerica.com/products/safe/releases>
- Das, B. M. (2006). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones* (5a ed.). Mexico: Cengage Learning Editores.
- Delgado, G. (2012). *Costo y Presupuesto en Edificaciones* (Octava, Vol. 1). Peru: EDICIVIL SRLtda.

- DiGioia Jr, A. M. (2007). Fundamental Principles of Foundation Design (p. 49). Presentado en IEEE TP&C Subcommittee Meeting, Florida EEUU. Recuperado a partir de [http://www.geocities.ws/ieee\\_tpc/ieee\\_tutorials/FundamentalPrincipalsFoundationDesign.pdf](http://www.geocities.ws/ieee_tpc/ieee_tutorials/FundamentalPrincipalsFoundationDesign.pdf)
- DINERO. (2015). Antenas para telefonía móvil 4G en Colombia - Dinero.com. Recuperado el 13 de agosto de 2015, a partir de <http://www.dinero.com/edicion-impresia/negocios/articulo/antenas-para-telefonía-movil-4g-colombia/205415>
- FEM Expert. (2014). Clasificación FEM. Recuperado a partir de <http://femexpert.com/tutorials/fem-theory/classification/?lang=es>
- Fernandez, H. S. (2011, diciembre). *Diseño automatizado de zapatas combinadas bajo criterios de eficiencia económicos y medioambientales* (Tesis de Mater). Universitat Politècnica de València, España. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10251/15384>
- Gallegos, S. (2009). *Análisis de sólidos y estructural por el método de elementos finitos* (1era ed.). Mexico: Limusa.
- Gerencia de Estudios de SOFOFA. (2014). *Catastro de Proyecto Telecomunicaciones* (INVER-SION No. EDICION 2014) (p. 32). CHILE: SOCIEDAD DE FOMENTO FABRIL (SOFA). Recuperado a partir de [http://app.sofofa.cl/indicadores/CPI/Informe/CPI\\_2014.pdf](http://app.sofofa.cl/indicadores/CPI/Informe/CPI_2014.pdf)
- González, A. V., & Quevedo, G. (2007). Aplicación de la Teoría de Seguridad al diseño de cimentaciones en arenas. Criterio de Estabilidad. *Revista ingeniería de construcción SciE-LO*, 22, 81–88. Recuperado a partir de [http://www.researchgate.net/profile/Ana\\_Gonzalez\\_Cueto/publication/273763191\\_Analisis\\_de\\_la\\_seguridad\\_en\\_el\\_diseño\\_de\\_cimentaciones\\_en\\_arenas.\\_Criterio\\_de\\_estabilidad/links/550b11370cf290bdc111d434.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Ana_Gonzalez_Cueto/publication/273763191_Analisis_de_la_seguridad_en_el_diseño_de_cimentaciones_en_arenas._Criterio_de_estabilidad/links/550b11370cf290bdc111d434.pdf)

Gonzalez, P. (1995). Optimización de zapatas aisladas. Valor del momento flector reducido o relativo,  $p$ , que optimiza económicamente la zapata aislada. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra*, 19, 10. Recuperado a partir de <http://dadun.unav.edu/handle/10171/16644>

GSM Association. (2014). *Economía Móvil América Latina 2014* (Tecnico). Reino Unido. Recuperado a partir de [http://www.gsmamobileeconomylatinamerica.com/GSMA\\_ME\\_LatinAmerica\\_2014\\_ES.pdf](http://www.gsmamobileeconomylatinamerica.com/GSMA_ME_LatinAmerica_2014_ES.pdf)

GSM Association. (2015). *The Mobile Economy 2015* (Tecnologico). Reino Unido. Recuperado a partir de <https://gsmaintelligence.com/research/?file=08bd184710b7e671e80cfe6693cead2d&download>

Juárez, D. C., Allende, B. A., & Trejo, E. M. (2007). *Estudio y propuesta de planeación y puesta en marcha de una radio base bajo el estándar GSM para dar cobertura y servicio al poblado de Acajete, Puebla* (Tesis de Grado). INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Mexico, D. F. Recuperado a partir de [http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/2279/1/TESIS\\_FINAL.pdf](http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/2279/1/TESIS_FINAL.pdf)

Letsios, C., & Lagaros, N. D. (2014). Optimum design methodologies for pile foundations in London. *Case Studies in Structural Engineering. Elsevier Ltd*, 2, 24–32. <http://doi.org/10.1016/j.csse.2014.08.001>

Lopez, I. P., & Chagoyen, E. (2007). Análisis de las Principales Tipología Empleada en la Construcción de Torres Metálicas de Celosía.

Lorenzo, R., da Cunh, R. P., Hernandez, E., & Cobelo, W. (2013). Aplicación de la teoría de seguridad al diseño geotécnico de losas sobre pilotes. 3, 28, 251–265. Recuperado a partir de <http://www.scielo.cl/pdf/ric/v28n3/art03.pdf>

- Lucas, N. (2015). Para competir en mercado móvil, necesario invertir: Mediatelecom | El Economista [Revista Electronica]. Recuperado el 14 de agosto de 2015, a partir de <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/08/05/competir-mercado-movil-necesario-invertir-mediatelecom>
- Mc Cormac, J., & Brown, R. (2011). *Diseño de concreto reforzado* (8a ed.). México: Alfaomega Grupo Editor.
- Metalco Ltda. (2013). Metalco Ltda - Obras civiles [Servicio y Productos]. Recuperado el 23 de octubre de 2015, a partir de [http://metalcoltda.com/Obras\\_civiles.html](http://metalcoltda.com/Obras_civiles.html)
- Morinaga, Y., Kamiji, M., Imoto, S., Ogawa, S., & Iwamori, K. (2002). Transmission tower foundation in Japan (Vol. 3, pp. 2162 – 2165). Presentado en Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific. IEEE/PES, Osaka, Japan: IEEE. <http://doi.org/10.1109/TDC.2002.1177797>
- Muelas, A. (2008). Manual de Mecanica de Suelos y Cimentaciones. UNED. Recuperado a partir de [http://www.uned.es/dpto-icf/mecanica\\_del\\_suelo\\_y\\_cimentaciones/Bibliografia%20Basica.htm](http://www.uned.es/dpto-icf/mecanica_del_suelo_y_cimentaciones/Bibliografia%20Basica.htm)
- Nilson Arthur, H. (2001). *Diseño de estructuras de concreto* (Duodecima Edición). Colombia: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A.
- Oliva, A. L. (2009). *Análisis comparativo entre cimentaciones aisladas y Losas de cimentación para la Torre H60V90. Caso de estudio: El Carreto, Valle* (Tesis de Grado). Edunitec, Tegucigalpa, Honduras.
- Pastran, R. M. (2015). Tigo invertirá \$100 millones en infraestructura este año [NOTICIA]. Recuperado el 14 de agosto de 2015, a partir de <http://www.laprensagrafica.com/2015/04/23/tigo-invertira-100-millones-en-infraestructura-este-ao>

- Pinel, J. M., & Rivera, L. G. (2007). *Diseño Racional de Cimientos Aislados* (Tesis de Grado). UNITEC, Tegucigalpa, Honduras.
- Piralla, R. M. (2008). *Diseño Estructural* (2da ed.). México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Quevedo, G. (2006a). Cimentacion con Pilotes (p. 12). Presentado en Cimentacion con Pilotes, Tegucigalpa, Honduras: UNITEC.
- Quevedo, G. (2006b). Concepción General De La Modelación. Presentado en MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS., UNITEC TEGUCIGALPA.
- Quevedo, G. (2006c). Diseño de Cimentaciones Superficiales por el 1er Estado Límite. Presentado en Cimentaciones Conferencia # 4, Tegucigalpa, Honduras: UNITEC.
- Quevedo, G. (2006d). Diseño por Deformación. Tensión Límite de Linealidad. Presentado en Cimentaciones Conferencia # 5, Tegucigalpa, Honduras: UNITEC.
- Rodríguez, J. M., Serra, J., & Oteo, C. (1996). *Curso aplicado de cimentaciones* (5ta ed.). Madrid España: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, cop.
- Romero, F. (2014). Honduras se suma a la cuarta generación de telefonía móvil. *La Prensa*. Honduras. Recuperado a partir de <http://www.laprensa.hn/economia/775622-410/honduras-se-suma-a-la-cuarta-generaci%C3%B3n-de-telefon%C3%ADa-m%C3%B3vil>
- Santana, H. E. (1996). Conferencia Índice Técnico-Económico en la construcción. Cuba.
- SERCOM. (2007). Especificaciones Tecticas de Torres Fase VI y VII. SERCOM de Honduras.
- Tabora, M. R. (2007). Competencia y regulación de las telecomunicaciones: el caso de Honduras | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL. Recu-

perado a partir de <http://www.cepal.org/es/publicaciones/5008-competencia-y-regulacion-de-las-telecomunicaciones-el-caso-de-honduras>

TELCEL. (2006). *Capítulo 1 Normas, Características Y Acabados Para Torres Telcel (NCATL)*. Normas Técnicas. Recuperado a partir de [http://portalanterior.ift.org.mx/iftweb/wp-content/uploads/2014/11/376\\_NORMATIVA\\_TECNICA\\_CAPITULO\\_1.pdf](http://portalanterior.ift.org.mx/iftweb/wp-content/uploads/2014/11/376_NORMATIVA_TECNICA_CAPITULO_1.pdf)

TIA/EIA. (2014). Normas Estructurales Para Torres y Estructuras de Acero para Antenas TIA-222 Revision G. Telecommunications Industry Assn. (TIA).

TraceRed. (s/f). Instalación de torres de telecomunicaciones [Servicio y Productos]. Recuperado a partir de <http://www.serverm.com.mx/servicios-portafolio/24/instalacion-de-torres-de-telecomunicaciones/>

Valladares, M. R., Alvarado, E., Castillo, L., Rivera, R., Chavez, J. O., Figueroa Fuentes, R., ... Ferrera Boza, R. (2000). *Código hondureño de construcción: Reglamentación de construcción y normas técnicas complementarias*. Honduras: Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras.

Vidal, R. S. R. (2011, mayo). *Estudio Comparativo de Dos Tipologías Estructurales para Soporte de Antenas de Telefonía Móvil* (Memoria). UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR, Madrid España. Recuperado a partir de [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11775/MEMORIA\\_PFC\\_TORRES\\_TELEFONIA\\_MOVIL.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11775/MEMORIA_PFC_TORRES_TELEFONIA_MOVIL.pdf?sequence=1)

## **ANEXOS**

**ANEXO 1. Módulo de reacción del suelo datos para SAFE.**

Modulo de Reaccion del Suelo Datos para SAFE					
Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Esf Adm (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Winkler (Kg/Cm <sup>2</sup> )
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

**ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SERCOM (CLARO)**



**ESPECIFICACIONES TECNICAS  
PARA TORRES AUTOSOPORTADAS**

**SERCOM HONDURAS**

## **I. GENERALES**

I.1. La Gerencia de Ingeniería de Servicios de Comunicaciones de Honduras (SERCOM), en el proceso de expansión de la red de telefonía celular en Honduras ha decidido convocar a licitación a Empresas Contratistas con experiencia en el diseño, suministro e instalación de torres autosoportadas para telefonía móvil.

I.2. La instalación de las torres se llevará a cabo a nivel nacional, de acuerdo a listado de sitios que entregará la Gerencia de Ingeniería de Sercom de Honduras a la Gerencia Administrativa para que convoque a la presentación de ofertas.

I.3. El listado de torres suma 167 torres(ver anexo) que Sercom distribuirá su construcción en dos fases FASE VI (97 Torres) y Fase VII( 70 Torres) y reflejará las alturas, velocidades básicas regionales para el diseño, fabricación, suministro e instalación de las mismas, con las consideraciones de diseño establecidas en la presente norma, para lo cual la Gerencia Administrativa emitirá Contratos u ordenes de compra al(los) Contratista(s) ganador(es) de la licitación.

I.4. La presente norma contiene la información bajo la cual deberá ser presentada la oferta técnico-financiera, así como las condiciones que debe cumplir cada oferta.

## **II. DOCUMENTOS A ENTREGAR**

II.1. Para cada torre se deberá entregar una memoria de cálculo impresa con respaldo electrónico que contendrá la siguiente información en el orden especificado:

- Descripción del proyecto.
- Análisis de Cargas Gravitacionales y Horizontales.
- Análisis y Diseño Estructural de la torre.
- Diseño de Conexiones.
- Diseño de cimentación.
- Planos estructurales detallados de la torre por sección en hojas 11" X 17" (Tabloide)
- Peso de torre y accesorios detallado por separado.

II.2. Toda memoria de cálculo deberá ser firmada por un Ingeniero Civil Estructural acreditado ante el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras, y solvente con el mismo.

## **III. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

III.1. Se deberá presentar una descripción del proyecto, ubicación del sitio así como el proceso de diseño de la estructura, señalando sus características principales y consideraciones a tomar para su diseño.

## **IV. ANALISIS DE CARGAS**

IV.1. Análisis de fuerzas gravitacionales:

- Carga Muerta: Antenas celulares, parábolas, feeders, cama guía de onda, escalera, plataforma triangular y/o descanso.

- Carga Viva: Personal para su instalación. Se considerará una carga 300 Kg. (3 personas de 100 Kg. cada una).
- La Carga Muerta correspondiente al peso de las antenas se tomará directamente de la información proporcionada por el fabricante.

#### IV.2. Análisis de fuerzas de viento.

El procedimiento y criterio a seguir para la realización del diseño por viento será el estipulado en la norma TIA-222-F.

Se deberá incluir en la memoria de cálculo todos los parámetros considerados, así como la totalidad del procedimiento:

- Determinación de la fuerza F por nudo.
- Cálculo de la presión de velocidad  $q_z$ .
- Determinación del coeficiente de exposición  $K_z$ .
- Determinación del factor de ráfaga  $G_H$ .
- Cálculo de los coeficientes de fuerza de las estructuras.

### V. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA TORRE

V.1. El análisis deberá efectuarse en el Software STAAD PRO 2005. Para el análisis se deberá incluir las siguientes consideraciones:

- Consideraciones de Apoyo: para torres autoportadas deberá considerarse articuladas en sus tres apoyos, Sin que esto sea restrictivo de otro tipo de apoyo siempre que el mismo sea adecuadamente detallado y analizado.

V.2. Modelación, Análisis y Diseño de la Estructura:

- La estructura se deberá diseñar como “estructura en el espacio” (3D). En caso de torres autoportadas podrán liberarse los miembros diagonales y celosía para que trabajen como armaduras.
- Las fuerzas de viento se aplicarán puntual y perpendicularmente sobre los nodos de las piernas y/o montantes de la estructura correspondientes a la cara frontal, en cada nivel considerado.
- Los miembros de la estructura se diseñarán conforme al Código del AISC 9° Edición. Bajo los criterios ASD.
- Para miembros tipo diagonales y celosía en torres autoportadas deberá revisarse que las longitudes a considerar en la relación de esbeltez  $KL/r$  sea la longitud real del elemento. La relación de esbeltez máxima que se permitirá será 200. Para el caso de los monopilos la longitud y el parámetro K deberá ser la altura total de la estructura y  $K=2.0$  respectivamente.

4.2.5. En torres arriostradas deberá de aplicarse la fuerza de viento en la dirección más crítica según la ubicación de las retenidas. Deberá tenerse especial cuidado en su modelación al especificar los miembros a tensión o cable, ya que deberán utilizarse los comandos “perform Análisis” y “change” para cada condición y combinación de carga. (Ver Manual de Usuario Staad III). En caso de declarar las retenidas como miembros cable, la tensión inicial deberá ser calculada en función de su longitud, área de la sección y en base a la información técnica proporcionada por el fabricante. Dicha información deberá ser entregada como parte de la memoria de cálculo para justificar los valores empleados. El área de la sección del cable a considerar para el cálculo corresponderá a 7/9 del área sólida del cable.

- El acero a utilizar para el diseño será tipo A-36.

### V.3. Resultados

Los resultados que deberán incluirse en la memoria serán los siguientes:

- Archivo de Entrada.
- Geometría de la estructura (con el sistema coordenado visible e identificación de nodos).
- Resultado total de fuerza aplicada por cada condición y combinación de carga.
- Reacciones en los apoyos y deflexión máxima para las siguientes condiciones de carga:

Peso Propio.

Carga Muerta + Carga Viva.

Viento.

Peso Propio + Carga Muerta + Carga Viva.

Peso Propio + Carga Muerta + Viento.

Peso Propio + Carga Muerta + Sismo.

- Comparación de la rotación máxima contra la rotación permisible horizontal.
- La rotación máxima (Ver apartado VIII.20 de esta norma) se calculará para una velocidad de operación  $V_{op} = V_r (0.65)$  Km/hr pero nunca menor de 90 Km/hr. Deberá incluirse la totalidad del análisis para obtención de las fuerzas de viento y el análisis para obtención de desplazamientos.
- Revisión del diseño de los miembros principales incluyendo RI ( $RI < 1.33$ ).
- Respaldo en archivo electrónico.

Deberá considerarse los resultados más desfavorables, ya sea para el caso por acción del viento o por fuerzas sísmicas.

V.4. El diseño sísmico se realizará conforme al espectro sísmico de Honduras.

## VI. DISEÑO DE CONEXIONES

VI.1. Se deberá presentar el diseño de las conexiones principales entre miembros principales – secundarios y miembros secundarios – secundarios de acuerdo al código AISC 9ª Edición. Bajo los criterios ASD.

## VII. DISEÑO DE CIMENTACION

VII.1. Para el diseño de la cimentación se tomará como válida la Norma del ACI 318 Edición 2002. (American Concrete Institute).

VII.2. Se deberá incluir todos los datos y parámetros utilizados así como la totalidad del procedimiento con las consideraciones correspondientes:

- Mecánica de Suelos. (Anexo B. Especificaciones Técnicas para Estudios de Mecánica de Suelos para Cimientos de Torres de América Móvil para Nicaragua y Honduras).
- Cálculo del peso de la cimentación.
- Revisión por volteo.

VII.3. El diseño la cimentación se hará por medio del Método de Resistencia Última, para lo cual las combinaciones de carga a regir en el diseño serán las descritas en el ACI 318 2002 en el capítulo 9 en su inciso 9.2.1

De estas combinaciones de cargas se utilizará en el diseño la que produzca los esfuerzos más críticos.

VII.4. Cálculo del Momento Actante.

Se calculará a partir de los resultados del análisis estructural de la torre.

VII.5. Cálculo del Momento Resistente.

Para el cálculo del Momento Resistente se considerará el peso propio de la estructura (tomado de la corrida del análisis la condición Peso Propio) y el peso de la cimentación, para la cual se utilizará un peso específico del concreto igual a 2.4 ton/m<sup>3</sup>, mas el peso del relleno para el que se usará la densidad del suelo identificada en los ensayos que del mismo se hagan.

VII.6. La relación del momento resistente con el momento de volteo no deberá ser menor que dos.

VII.7. Los esfuerzos resultantes deberán ser menores a la capacidad de carga admisible del terreno que marca el estudio de la mecánica de suelos correspondiente.

VII.8. El diseño de la cimentación deberá presentar el diseño por flexión y por cortante en todas las direcciones.

VII.9. Consideraciones generales para el diseño de cimentación:

- Se utilizará concreto con,  $f'_c = 280 \text{ Kg./cm}^2$  (4,000 PSI) como mínimo.
- Sólo se aceptará el uso de acero de refuerzo  $f_y = 2,800 \text{ Kg/cm}^2$  (40,000 PSI) tanto en el refuerzo principal como el secundario, así como en las anclas en el desplante de las estructuras.

VII.10. El contratista deberá proveer los pernos de anclajes para las unión de base de cimentación con la estructura de torre, las cuales deben incluir tuercas, roldanas plana y de presión, todo debidamente galvanizado por inmersión en caliente. Se debe indicar la longitud de los pernos y diámetro de los mismos, el espacio libre de superficie roscada desde la platina superior de la canasta de pernos al tope de los mismos no debe ser menor de 6 pulg.

VII.11. Posterior a la instalación de la torre se deberá colocar concreto expandible (Grout) al espacio entre la losa monolítica y cada montante de la torre. Se deberá proveer dos salidas para el drenaje del agua pluvial.

VII.12. Todas las cimentaciones de torres que utilicen sistema de pilotes o pilas deberán contar con vigas conectoras.

## **VIII. DISEÑO Y CALCULO**

VIII.1. Para el diseño estructural de la torre autoportada se deberá considerar la instalación de una plataforma triangular, hexagonal o circular en la cúspide de la torre, de tal forma que se puede mover en el sentido vertical de forma de poderla instalar en altura necesaria para la instalación de las antenas RF y peso de acuerdo a fabricante, soportada en el cuerpo de la torre y considerada a nivel de centro de radiación de las antenas celulares. Sobre el cuerpo de la torre y en el área superior de la plataforma se consideran 3 soportes para alojar 3 antenas RF por cada soporte de manera que se podrán instalar 9 antenas RF. En los soportes para la sujeción de las antenas se considerará la instalación de los tubos de 2" de diámetro y 2.50 m de longitud. Todos sus elementos deberán ser galvanizados y pintados.

VIII.2. La orientación de las plataformas celulares se hará con brújula magnética, marcando la misma en la superficie del predio y antes de iniciar la instalación de la torre, no importando la posición de la torre, por lo que como requisito de instalación de la estructura de la plataforma deberá ser móvil o giratoria (estructura con facilidades de reorientarla de así requerirlo) en  $\pm 60^\circ$ .

VIII.3. Se deberá instalar 3 soportes para Microondas tipo Universales en la estructura de la torre.

VIII.4. La plataforma deberá soportar a tres personas con peso de 100 Kg. cada uno, distribuidas en la posición más desfavorable o 300 Kg. de peso de carga viva.

VIII.5. Las diagonales o celosías de la propia torre servirán como barandal de la misma plataforma.

VIII.6. Se debe proveer de una escalera de ascenso a la torre, la cual se debe instalar en toda la altura de la torre. La escalera debe ser de secciones de 6.00 m y tener peldaños con una separación de 0.30 m y ancho mínimo de 0.60 m. además deberá tener los aros de protección (Canasta de protección) en toda la longitud de la escalera. Esta escalera deberá ser instalada en la cara izquierda de la torre, tomando como referencia la base RBS.

VIII.7. Los peldaños de la escalera de ascenso deberá estar formada por varilla de acero liso de  $\varnothing 5/8"$ , galvanizados en caliente.

VIII.8. Se debe proveer de dispositivo de seguridad consistente en anillos de protección con una distancia mínima de 0.70 m de la escalera a la parte más lejana del anillo de protección.

VIII.9. La separación entre antenas celulares deberá contar por lo menos 60.00 cms (2.00 pies) y la separación de la antena al tubo o pata de la torre no distará más de 50.00 cms. Esto con el fin de poder dar mantenimiento desde la plataforma a las antenas.

VIII.10. Se deberá considerar en el análisis de la estructura las siguientes cargas:

Torres para sitios RBS:

- 1 antena de microondas de 1.20 m, con radomo solidó ubicada a 5.00 m de la cúspide de la torre a  $0^\circ$ .
- 1 antena de microondas de 1.20 m, con radomo solidó ubicada a 8.00 m de la cúspide de la torre a  $0^\circ$ .
- 2 antenas de microondas de 0.60 m, con radomo solidó ubicadas a 12.00 m de la cúspide de la torre a  $0^\circ$ .

Torres para sitios Repetidores de Transmisión:

- 2 antenas de 3.00 m, ubicadas a 5.00 m de la cúspide de la torre; una a  $0^\circ$  y otra a  $180^\circ$ .
- 2 antenas de 2.40 m, ubicadas a 9.00 m de la cúspide de la torre; una a  $0^\circ$  y otra a  $180^\circ$ .
- 2 antenas de 3.00 m, ubicadas a 13.00 m de la cúspide de la torre; una a  $0^\circ$  y otra a  $180^\circ$ .

VIII.11. Todas las antenas celulares se consideran del tipo GSM marca Kathrein modelo 739498.

VIII.12. Para el cálculo de las fuerzas de viento en antenas celulares solo se considerarán las correspondientes a un frente de la torre, es decir 3 antenas. Por peso se deberá considerar la instalación de 9 antenas celulares. Las áreas de exposición se calcularán con las dimensiones siguientes (alto X ancho X espesor) 1942 mm X 155 mm X 49 mm.

VIII.13. Se debe considerar la afectación por viento en una misma cara de la torre: en exposición al viento 6 líneas de cables Heliac de Ø 1 5/8" para antenas celulares y 4 líneas de 1/2" para microondas, 1 cable de uso rudo de Ø 3/4" para el sistema de iluminación. Por peso se debe considerar la instalación de 18 cables Heliac de Ø 1 5/8", los cuales se instalarán 6 unidades triples en la cara de la torre y 4 cables de 1/2". Se debe incluir la escalera y cama guía de onda.

VIII.14. Para el análisis estructural se considerarán los tipos de carga: Carga Muerta (CM), Carga Viva (CV), y Carga Accidental (CA) como es el viento y/o sismo, con los cuales se deberá hacer combinaciones y regirá finalmente la más desfavorable.

VIII.15. Se deberá considerar la instalación de una cama guía de ondas (Escalerilla de cables) de un ancho mínimo de 0.80 m. de 12 barrenos de 3/4 " de diámetro, para igual número de líneas. Se considerará la instalación de cama guía de onda como parte del cuerpo de la torre más 1.10 m en forma horizontal, incluyendo la curva vertical del cambio de dirección. En el tramo final horizontal inferior de la escalerilla se deberá instalar la tapadera moldeada de protección de los cables, la que deberá tener el mismo ancho de la cama de guía de ondas y de un espesor de 3/16". La tapadera en mención deberá ser galvanizada en caliente por inmersión.

VIII.16. La cama guía de ondas debe estar formada por secciones de 6 m de longitud cada una y debe fabricarse con angulares, la cual debe estar fijada ala torre por abrazaderas y pernos A-394. La cama guía de ondas debe llevar en la parte inferior una base de concreto que no permita el movimiento de las escaleras en la parte inferior.

VIII.17. La capacidad de cables de feeders de Ø 1 5/8" que se debe poder instalar en la cama de guía de ondas es de 9 líneas dobles.

VIII.18. Para el apoyo de la cama guía de onda horizontal se tendrán postes EMT de Ø 2 1/2" Cedula 40 a cada 1.00 m. Cada poste deberá contar con tapadera metálica galvanizada en la parte superior. La altura de instalación de la escalerilla horizontal deberá estar a 0.30 m sobre el nivel de piso terminado y entrar 0.10 m del borde exterior de la base RBS. Todos los soportes serán galvanizados y deberán estar empotrados en una base de concreto de 0.25 m x 0.25 m x 0.60 m, la cual debe sobresalir del nivel del terreno 0.10 m para evitar corrosión de los postes.

VIII.19. El análisis y diseño de la estructura se regirá bajo los siguientes Códigos: Norma TIA/EIA-222-F, ANSI, AISC 9° Edición, Código ASTM, ACI. Asimismo deberá cumplir con los siguientes requisitos de diseño:

- Diseño de Viento:

70 MPH, 90 MPH, y 125 MPH, de acuerdo a pedido de torres por parte de la Gerencia de Ingeniería de Sercom.

- Oscilación máxima de +0.75 grados en el tope de la torre para cargas por viento y sismo.

VIII.20. Cualquier criterio que no se indique en la presente norma, deberá aclararse con la de la Gerencia de Ingeniería de Sercom de Honduras.

## **IX. FABRICACION**

IX.1. La torre autosoportada deberá ser de piezas preferiblemente tubulares, de sección triangular y debe estar formada por tramos de 6.00 m de longitud cada uno (medidos en la dirección vertical).

IX.2. Los planos de fabricación se ajustaran estrictamente a las especificaciones proporcionadas en la presente norma así como el proveedor deberá elaborar la memoria de cálculo y planos del mismo.

IX.3. Las piezas se fabricarán correctamente de los tamaños y dimensiones mostradas en los planos de taller. Los cortes y perforaciones se harán de manera que produzcan superficies y líneas continuas, fieles a los detalles indicados. No se permitirán cortes con sopletes en piezas que vayan a quedar expuestas.

IX.4. Toda la tornillería a utilizar debe cumplir con la norma ASTM A-325 para las conexiones principales (ensamble de las patas de la torre y base de plataformas) y ASTM A-394 para las uniones secundarias (montantes y diagonales) de la torre así como de los diferentes elementos y accesorios de la estructura como: escaleras, cama guía de ondas, soportes de antenas celulares, etc.

IX.5. Las tuercas serán hexagonales pesadas "American Standard".

IX.6. El diámetro mínimo de los tornillos será de 13 mm (1/2"). Para los tornillos A-394 Tipo 0 la longitud que sobresale de las tuercas, una vez que éstas han sido apretadas firmemente, no será menor de 6.4 mm (1/4") ni mayor de 13mm (1/2"). Para el caso de anclas se requiere de por lo menos 1 3/4" de cuerda posterior al paño de la tuerca de apriete.

IX.7. En los pernos de anclaje de cimentación- estructura de torre es necesario la instalación de contra-tuercas, roldadas lisas y de presión.

IX.8. Los tornillos deberán ir colocados de arriba hacia abajo y de afuera hacia adentro (cabeza de tornillo por arriba y por fuera respectivamente con respecto al centro de la torre) dependiendo la posición de la conexión.

IX.9. El apretado debe cumplir con el torque requerido de acuerdo a especificaciones del fabricante.

IX.10. Los agujeros para los tornillos se localizaran tan cerca del gramil del diámetro como sea posible y su diámetro será de 1.6 mm (1/16") mayor que el diámetro nominal del tornillo; si es mayor de 25 mm la holgura será de 3.2 mm (1/8").

IX.11. La mano de obra deberá ser de buena calidad y calificada, las operaciones de corte, punzonada y soldadura se harán con equipo y se removerán todas las rebabas.

IX.12. Los electrodos para soldadura manual al arco eléctrico con electrodos metálicos recubiertos y/o con alambre MIG (Clasificación AWS A5.18) tipo E705-3,6, se ajustaran a las especificación AWS A5.10 "Specifications for Mild Steel Covered Arc Welding Electrodes" o a la especificación AWS A5.5 "Specifications for Low Allow Covered Arc Welding Electrodes"

IX.13. Todas las juntas soldadas que vayan a quedar expuestas, se esmerilarán al ras de la superficie circundante. El fabricante y el montador mantendrán vigentes los programas de control que consideren necesarios para asegurar que la calidad de sus trabajos cumpla con los requisitos de esta norma.

IX.14. Los detalles definitivos no tomarán en cuenta tolerancias; el fabricante considerará tales tolerancias al detallar aquellos elementos que deban ensamblar en otros y preverá algunas razonables para el ajuste de las partes.

IX.15. Las juntas de unión pierna – pierna deberán se hechas con brida. No se admitirá otro tipo de junta para estos puntos de conexión.

IX.16. Los perfiles tanto de la celosía de la torre y las patas o columnas deberán ser de longitud continua, no se aceptará uniones o empalmes con soldaduras, ni empalmes empernados en los elementos horizontales y celosía de torres.

IX.17. La fabricación de la torre deberá ser a base de elementos de ángulos en los miembros de la celosía de la torre y las patas o columnas de la misma deberán ser elementos tubulares usando la designa-

ción AISC. Se deberá tener especial cuidado que la unión entre tubo y brida se realice mediante un cordón de soldadura achaflanado perimetralmente tanto interior como exterior.

IX.18. Los planos de larguero a celosía se unirán mediante un cordón de soldadura en todo alrededor.

IX.19. Se deberá proporcionar escantillones o plantillas para el sistema de cimentación, a fin de evitar que durante el proceso de colado de concreto las placas y pernos de anclaje pierdan su posición correcta.

IX.20. El Contratista suministrará personal, herramientas, accesorios, equipos y materiales de primera calidad que garanticen la instalación correcta tanto de la cimentación como la estructura metálica de la torre, y que respetará en todo momento las normas de higiene y seguridad para este tipo de actividad.

## X. GALVANIZADO

X.1. Para todas las piezas roscadas de materiales especificación A325 y A394 Tipo 0 el procedimiento para galvanizado será por "Inmersión en Caliente". El proveedor deberá tener documentado cada lote en cuanto calidad, tipo y espesor y deberá proporcionarlo a la Gerencia Técnica Celular de Sercom de Honduras, de así requerirlo. Se deberá respetar la norma ASTM-123 cumpliendo con la especificación al calce indicada para la resistencia a la corrosión de acuerdo al espesor de recubrimiento de los elementos, de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1.

ARTICULOS	ESPESOR MINIMO EN $\mu\text{m}$
Artículos de acero de $\frac{1}{4}$ " o más de espesor	100
Artículos de acero entre mayores que $\frac{3}{16}$ " a menores que $\frac{1}{4}$ " De espesor	85
Artículos de acero de entre $\frac{3}{16}$ " a $\frac{1}{8}$ " de espesor	65
Tubos en cualquier espesor	75
Artículos de acero menores de $\frac{1}{8}$ "	45
Piezas roscadas y otros artículos	45

X.2. Para estructuras a instalar cercanas al mar o medios con alto grado de salinidad, corrosión, gases de volcanes, etc., el espesor mínimo de galvanizado será de 85 micrómetros para todos los elementos de la torre: breizas, tubos, montantes, soportes de antenas, escalerillas, pernos, etc.

X.3. Todo el material estructural A-36 de la torre, después de ser fabricado será galvanizado por inmersión en caliente para proveer de protección contra la corrosión. Al sumergirse el acero en el estanque de zinc se dejará una capa con espesor de acuerdo a lo indicado en la Tabla 1.

X.4. Todas las estructuras deberán ser galvanizadas asegurándose que todas las soldaduras queden protegidas. Se permite que en anclas de torres el galvanizado sólo se aplique en la zona que estará a la intemperie más 10 cms dentro del colado en concreto, con el fin de garantizar que no se tenga intemperismo directamente sobre la zona no galvanizada del ancla.

## **XI. PINTURA DE TORRE**

XI.1. En todos los sitios se deberá pintar la estructura con pintura de esmalte acrílico 100%, marca Sherwin Williams, Sylopyl, Dupont, Nervion, Internacional o Arcalsa en dos capas que garanticen el completo recubrimiento de la capa de galvanizado. Para la aplicación de este recubrimiento deberán respetarse las especificaciones del fabricante de pintura.

XI.2. El pintado de la estructura de la torre se hará en franjas horizontales distribuidas en toda la longitud de la torre, alternando los colores blanco y naranja internacional, quedando este último en los extremos. La distribución se hará por secciones de torre, es decir en franjas de 6.0957 m de altura.

XI.3. La pintura deberá tener las siguientes características:

- Emulsión 100% acrílica reducible con agua.
- Secado rápido, alta resistencia al amarillamiento.
- Adherencia sobre metales galvanizados.
- Rápida resistencia a la humedad.
- De uso tanto en interiores como exteriores.
- Resistencia a cámara salina para cualquier ambiente de 250 hrs.
- PH de 9.0 a 9.5.
- Número de componentes: uno.
- Sólidos en volumen: 30 ± 2%.
- Tiempo de secado para recubrir a 25°C y 50% de humedad relativa del ambiente a 1.5 mils de 2hrs.
- Espesor seco recomendado por capa de 3 mils.
- Su aplicación podrá hacerse con brocha, rodillo, aspersión convencional o airless.

XI.4. A las antenas de RF y microondas que por necesidades de camuflaje requieran ser pintadas, se les deberá aplicar pintura alquídica libre de componentes ferrosos o metálicos que garantice que no afectará el funcionamiento de las antenas.

## **XII. SISTEMA DE PARARRAYOS**

XII.1. El contratista deberá proveer e instalar un pararrayos dispositivo cebado marca Ingesco modelo 3.1. El cuerpo del pararrayos debe sobresalir 0.90 m mínimo del mástil. La longitud mínima del mástil será de 3.00 m.

XII.2. La bajante del pararrayos será mediante cable forrado calibre 2/0 TH-LS AWG, debe ir lo más recto posible y evitar en las vueltas radios de curvaturas menores a 0.315 m (1 pie) a todo lo largo de la pierna opuesta a la cama guía de ondas, conectando directamente el cable a un pozo el cual debe contar con un electrodo y tratamiento especial (Bentonita, Gem, etc.) y unir este electrodo al sistema de tierras. Las conexiones de cable a los electrodos deberá efectuarse por medio de soldaduras exotérmica Cadweld. El cable deberá estar sujetado a la torre por cinchos metálicos de ½" a cada 1.00 m. El cable debe ser de una sola pieza.

XII.3. El pozo del pararrayos debe contar con caja de registro de concreto reforzado de 0.60 m x 0.60 m x 0.60 m exteriores, 0.50 m x 0.50 m x 0.60 m internos, reforzada con acero de Ø 3/8" a cada 0.20 m en ambas direcciones. La caja deberá contar con tapadera de concreto bajo el nivel de grava del sitio, para dar el correspondiente mantenimiento. El pozo se debe construir en la parte más lejana a los equipos, esto se indica en los planos de cada sitio en particular.

### **XIII. SISTEMA DE PUESTA A TIERRAS**

XIII.1. Se deberá instalar 3 barras para las torres de 60 mts. de altura y 2 barras para las torres de 42 mts. de altura, de cobre electrolítico (platinas) de 10 cm. de alto x ¼" de espesor y ancho igual al de la cama de guía de ondas, la ubicación de las mismas será a 4 metros debajo de los soportes de antenas celulares, una platina a la altura intermedia de la torre y una platina a 1.00 m del nivel del terreno.

XIII.2. Se deberá instalar accesorios de fijación para las platinas consistentes en aisladores térmicos y deberá utilizarse tornillos, tuercas, arandelas de presión y planas de bronce al silicio.

XIII.3. Las platinas deberán estar interconectadas en los dos extremos por medio de cable forrado 2/0 y fijados con terminales doble agujero para pernos de 3/8". El cable deberá fijarse a la escalerilla de cables por medio de cinchos metálicos de ½" cada 1.00 m.

XIII.4. Se deberá aterrizar la estructura metálica de la escalerilla horizontal por medio de cable desnudo 2/0, el cual deberá estar interconectado a la caja de registro ubicada en la parte intermedia de la base RBS y la torre por medio de soldadura exotérmica Cadweld.

XIII.5. El contratista deberá instalar una cola de cable 2/0 desnudo de 5 m de longitud cada uno (medidos desde la superficie del terreno), los cuales deben estar interconectados a la caja de registro ubicada en la parte intermedia de la base RBS y la torre por medio de soldadura exotérmica Cadweld. Adicionalmente deberá interconectar esta cola a la platina de la parte inferior de la torre, con terminales doble agujero para pernos de 3/8".

XIII.6. El sistema de puesta a tierra de la torre debe ser un anillo formado con cable desnudo 2/0, el cual deberá instalarse a una profundidad de 0.60 m del nivel del terreno y además deberá contar con 3 electrodos de puesta a tierra, uno por cada pata de la torre.

XIII.7. Los electrodos serán de cobre con recubrimiento electrolítico puro, Coperweld, con un espesor equivalente a 254 micrones y las dimensiones del mismo serán Ø 5/8" y 8' de longitud.

XIII.8. De cada uno de los electrodos se debe efectuar una conexión hacia las patas de la torre, . El anillo debe conectarse con el electrodo del pozo de bajada del pararrayos. Todas las conexiones se deben efectuar con soldaduras exotérmicas Cadwelds.

XIII.9. El anillo de la red de tierra de la torre se deberá interconectar al anillo de la red de tierra de la losa de la RBS en la caja de registro existente entre la torre y dicha losa, mediante soldaduras exotérmicas cadweld.

### **XIV. SISTEMA DE ILUMINACION**

XIV.1. Para torres se deberá instalar en la parte superior una lámpara de obstrucción doble color rojo (L810) con las siguientes características:

- Intensidad baja
- Cobertura Horizontal de 360°
- Potencia de 116 W. cada bombillo
- El material del lente deberá ser Pirex Glass
- El material de la base deberá ser de aluminio A-356
- Deberá soportar temperatura hasta de 55°C
- Candelas efectivas de 80

A la altura intermedia de la torre deberá llevar 3 lámparas de obstrucción sencilla (L810), con las mismas características de la anterior, una en cada una de las patas de la torre.

XIV.2. Los bombillos de las luces deberán tener una capacidad de 8,000 horas (Vida útil). Y de 116 Watts de potencia.

XIV.3. Todos los accesorios de soportes de las luces de navegación deberán ser galvanizados en caliente.

XIV.4. El sistema de iluminación debe ser marca STL o TWR o equivalente, la cual debe incluir caja de control para intemperie con su fotocelda. La caja de control deberá estar capacitada para que pueda manejar hasta 9 luces L810 sencillas y dicha caja se instalara en el rack de energía a intemperie que se construirá en cada sitio.

XIV.5. La instalación del sistema de iluminación se debe hacer con cable TSJ 3x12 marca Phelps Dodge o similar, sujetado con cinchos metálicos de ½" a cada 1.00 m.

XIV.6. El cable se deberá instalar hasta el tablero de distribución ubicado en la caseta de transmisión o en tablero para intemperie del sitio, de acuerdo a planos de energía específico de cada sitio.

XIV.7. El Contratista deberá instalar breaker de 1 x 20 Amp en el tablero de distribución de energía.

XIV.8. Al momento de realizar la recepción de la torre el contratista deberá entregar los manuales de las luces y de la caja de control que contengan las instrucciones de operación y los diagramas eléctricos de ambas, también deberá entregar la llave de apertura de la caja de control.

## **XV. TRANSPORTE**

XV.1. La torre a proveer debe ser trasladada por el Contratista hasta el sitio donde se instalará, en cualquier parte del territorio nacional, sin importar las maniobras que se tengan que realizar, siempre y cuando se pueda llegar al sitio al menos en un vehículo 4 X 4. En el caso que se tenga que realizar el acarreo de la torre con personas debido a que hasta el sitio no se tiene acceso vehicular 4 X 4 la Gerencia de Ingeniería de Sercom se reserva el derecho de pagar como adicional contratista o contratar otra empresa para realizar el acarreo.

## **XVI. MONTAJE DE TORRE**

XVI.1. La estructura metálica de la torre deberán ser completamente instalada por el Contratista asignado por la Gerencia Administrativa de Sercom en cuanto a la Cimentación Sercom se reserva el derecho de adjudicar su construcción al Contratista de La torre o contratar otra empresa..

## **XVII. TIEMPO DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS**

XVII.1. El tiempo de ejecución de los trabajos desde la entrega del sitio por parte de la Gerencia de Ingeniería hasta la conclusión del montaje de la estructura de la torre con sus sistemas de energía y tierras es de 30 días calendarios y deberá ajustarse al cronograma de actividades indicado en el Anexo A de la presente norma.

## **XVIII. RECEPCION DE TORRES**

XVIII.1. El procedimiento para la recepción de torres se hará conforme lo establecido en el anexo C de la presente norma.

## **XIX. GARANTIAS**

XIX.1. El proveedor de la torre debe extender una garantía mínima de 3 años a partir de la fecha de la recepción final de la misma, la cual debe cubrir tanto la estructura de acero como la cimentación de la torre.

## **XX. DISPOSICIONES ESPECIALES**

XX.1. Para la recepción final de la torre se levantara un protocolo de aceptación de la torre con la presencia del representante de la contratista y de Sercom, durante el levantamiento del mismo se deberá probar que todos los accesorios están en buen estado y de la calidad que esta descrita en la presente especificación, así como la caja de control y circuito eléctrico de la baliza se probaran. También de igual forma se realizara la medición de la resistencia de la red de tierra y se registraran los resultados en el formato creado para tal efecto, al termino del levantamiento del protocolo de aceptación se deberá firmar por ambas partes, anotando en el mismo los pendientes que resulten de la aceptación si los hubieran.

XX.2. La contratista deberá proporcionar todos los equipos de medición para realizar las mediciones y pruebas necesarias (Multimetro, Torquimetro, Ohmmimetro, Etc.)

XX.3. En cuanto a la construcción de la red de tierra, una vez que sea finalizada antes de proceder a soterrarla el supervisor de Sercom la revisara y aprobara para que se proceda a soterrarla de acuerdo a que este construida o no en apego a las especificaciones.

## **ANEXO A.**

### **CRONOGRAMA DE INSTALACION DE TORRES AUTOSOPORTADAS**

<b>No.</b>	<b>Actividad</b>	<b>Duración</b>
<b>I</b>	<b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>	<b>3 días</b>
1	Diseño de Cimentación / Entrega de Planos	3 días
<b>II</b>	<b>CIMENTACION</b>	<b>13 días</b>
3	Excavación	7 días
4	Armado de Acero	2 días
5	Fundido de Bases o losa	2 día
6	Relleno de Excavaciones	2 días
<b>III</b>	<b>MONTAJE DE TORRE</b>	<b>14 días</b>
7	Montaje	12 días
8	Instalación de Sistema de Energía	1 día
9	Instalación de Sistema de Tierras	1 día
<b>TOTAL DIAS</b>		<b>30 DIAS</b>

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

Ensayo a la compresión de concreto a los 7 días		<b>28 días</b>
Ensayo a la compresión de concreto a los 14 días		1 día
Ensayo a la compresión de concreto a los 21 días	1 día	1 día
Ensayo a la compresión de concreto a los 28 días		1 día
Prueba de Compactación Proctor Estándar al relleno de la Cimentación		1 día
Entrega de Resultados de Ensayos		3 días



ANEXO B

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PARA DISEÑO Y

CONSTRUCCION DE

ESTRUCTURAS DE CONCRETO

PARA CIMIENTOS DE

TORRES DE

SERCOM HONDURAS

## **I. COGIGOS Y ESPECIFICACIONES**

I.1. Esta especificación se aplicará a cimentaciones y estructuras de concreto reforzado utilizados en Sercom de Honduras.

I.2. Todo diseño y construcción de concreto deberá cumplir con lo estipulado en la Norma del ACI 318 Edición 2002

I.3. El objetivo de esta especificación es:

- Establecer los requisitos de calidad de los materiales de construcción para estructuras de concreto.
- Señalar los procedimientos a seguir al fabricar, transportar y colocar los materiales de construcción y obtener un material de óptima calidad.
- Señalar los requisitos de muestreo y pruebas de calidad que deben cumplir antes, durante y después de su fabricación.

## **II. MATERIALES**

### **II.1. Cemento**

II.1.1. Requisitos Químicos: Todo cemento que se utilice será tipo Pórtland y se ajustará a las especificaciones ASTM-C-150 "Especificaciones para cemento Pórtland" o ASTM C-595.

II.1.2. Requisitos físicos: Para el cemento que se emplee en la elaboración de concreto no expuesto al ataque de sulfatos u de otra índole, deberán cumplirse los requisitos físicos de la Norma del ACI 318 Edición 2002.

II.1.3. Suministros: El cemento que se utilice en la obra deberá ser de una marca de reconocida calidad. En lo posible, se utilizará solo una marca de cemento para todo el trabajo.

II.1.4. El origen del cemento será tal que produzca un color uniforme en todo el concreto aparente y la temperatura del cemento no será en ningún caso mayor de 50°C, a la hora de la entrega.

II.1.5. Almacenamiento: El cemento deberá estar en almacenes techados, bien ventilados, separados del suelo para evitar humedad y de tal manera se evite el deterioro o la contaminación de cualquier naturaleza. El cemento almacenado por más de un mes, deberá verificarse que no ha sufrido deterioro alguno y no se utilizara aquel cemento que este parcialmente humedecido, apelotonado o deteriorado en otra forma.

II.1.6. Agua: El agua que se utilice en la fabricación del concreto deberá estar limpia, potable y libre de aceites, ácidos, hidróxidos, aguas negras, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser nocivas para el concreto o para el acero de refuerzo. Si así lo requiere, la Supervisión de Obra Civil de la Gerencia Técnica Celular, solicitará análisis físico-químicos en el agua que se utilizará en el concreto para determinar su dureza (contenido de sales) y alcalinidad (determinación del PH), así como color, olor, sedimentación, turbiedad y conductividad específica.

## II.2. Agregados

II.2.1. Obtención y manejo: Las fuentes donde se intenta obtener los agregados deberá ser aprobada por la Supervisión de Obra Civil de la Gerencia de Ingeniería, quien antes de otorgarla puede solicitar las pruebas que considere necesarias.

II.2.2. La aprobación de un banco de materiales, en su caso, no se interpretará como aprobación de todos los materiales tomados de ese banco y se hará responsable al contratista por la calidad especificada de todos esos materiales usados en la obra.

II.2.3. Depósitos de agregados: El contratista desmontará y desplantará cuidadosamente el área del depósito del cual serán colocados los agregados, eliminando árboles, raíces, matorrales, césped, tierra vegetal, arena, grava inapropiada, etc.

II.2.4. Requisitos para agregados en general: Los agregados se ajustarán a la especificación a la especificación ASTM C33 "Estándar Specification for Concrete Aggregates", y deberá provenir de minas de arena azul o plantas trituradoras de basalto (para concreto) y bancos de materiales clasificados (para rellenos y terraplenes).

II.2.5. Agregados para fabricar concreto: El agregado fino consistirá en arena limpia angulosa lavada, natural o triturada de graduación uniforme. El agregado grueso será grava lavada o roca triturada que consista de fragmentos duros, fuertes y durables, el agregado fino y el grueso se consideran constituyentes diferentes de la mezcla y por lo tanto, deben almacenarse por separado.

II.2.6. Agregados para rellenos o terraplenes: Para el caso de rellenos se utilizará un material fino y cohesivo (tepetate), esto con la finalidad de garantizar la compactación solicitada por la Supervisión de Obra Civil de la Gerencia de Ingeniería, la deberá dar como resultado el 95% de la Prueba Proctor Estándar como mínimo.

II.2.7. Para el caso de terraplenes, se utilizará la grava cementada cuidando de respetar la proporción y/o graduación de los agregados finos y gruesos que posteriormente se indicarán.

### II.2.8. Graduación.

II.2.8.1. Agregado Fino (Arena): El agregado fino tendrá un módulo de finura no menor de 2.5 ni mayor de 3.1 y se rechazará aquel agregado que contenga material fino que atraviese la malla No. 200 con exceso del 7%. Al ser sometido a 5 ciclos de la prueba de sanidad con sulfato de sodio (ASTM C88), no deberá producirse una pérdida mayor al 10% en peso y no debiendo contener arcilla o material orgánica.

II.2.8.2. Agregado grueso (Grava): Al ser sometido a la prueba de sanidad con sulfato de sodio, el promedio pesado de la pérdida en peso no será mayor del 12%, el tamaño mínimo será de  $\frac{3}{4}$ " (19 mm) y el máximo será de  $1\frac{1}{2}$ " (38 mm) a menos que se indique otra cosa, sin presentar forma de laja.

II.2.8.3. Agregados para elaborar rellenos o terraplenes: El material que se utilice para la formación de la grava cementada deberá ser un material cuya granulometría quede comprendida entre las curvas mostradas en la figura AG-1, se dará la preferencia al material que se encuentra en la zona 1 a 2. La curva granulométrica no deberá tener cambios bruscos dependiendo de la zona en que se aloje la curva granulométrica del material establecidos en la figura AG-1, en lo que respecta al límite líquido (%), contracción lineal (%), valor cementante (Kg/cm<sup>2</sup>), valor relativo de soporte Standard (%) equivalente de arena (%).

### II.3. Aditivos

II.3.1. El concreto podrá contener un agente inclusor de aire y agente reductor de agua.

II.3.2. El Contratista especificará por nombre y marca, el agente inclusor de aire que pretende utilizar, deberá estar de acuerdo con las especificaciones ASTM C 260 y será capaz de incluir de 3 % a 6 % de aire, será completamente soluble en agua y al entrar en la mezcla estará totalmente disuelto.

II.3.3. El agente reductor de agua se ajustará a la especificación hasta C 494, tipos A y D, el tipo A se utilizará cuando la temperatura ambiente sea menor a 21°C y el D cuando la temperatura ambiente sea mayor de 21°C.

### II.4. Acero de refuerzo

II.4.1. El acero de refuerzo se ajustará a la especificación ASTM A 615, grado 40 ( $f_y = 2,800 \text{ Kg/cm}^2$ ).

II.4.2. Las varillas del No. 2 serán de grado estructural  $f_y = 2,320 \text{ Kg/cm}^2$ , y se ajustarán a la especificación ASTM correspondiente.

II.4.3. Todo refuerzo con excepción del No. 2 será corrugado.

II.4.4. Colocación de refuerzo: Las barras longitudinales se colocarán según el diseño, pero en paquetes de 2 varillas como máximo, alojando los paquetes próximos a las esquinas de la sección.

Los recubrimientos de las varillas serán de 2" a 3" como mínimo para estructuras desplantadas sobre el suelo (Vigas, pilotes y Zapatas). La separación entre varillas será de acuerdo a como lo indiquen los planos. El refuerzo se amarrará y separará en tal forma que las operaciones de alto grado no alteren su forma o posición y queda prohibido mover el acero de refuerzo durante el colado.

II.4.5. En cimentaciones con doble capa de refuerzo, la superior se ligará a la inferior por medio de separadores de acero de refuerzo, de modo que la distancia entre varillas superiores e inferiores sea la indicada en el proyecto. Los separadores se sujetarán por medio de amarres de alambre o puntos de soldadura.

II.4.6. Dobleces y ganchos: Las varillas de cualquier diámetro se doblarán en frío y de la siguiente manera. En varillas menores del No. 8 los ganchos de anclaje deberán hacerse alrededor de una pieza cilíndrica, con un diámetro igual o mayor a 6 veces el de la varilla, a 90° ó 180°.

II.4.7. Anclajes y traslapes: El acero de refuerzo principal de los pilotes, losas de cimentación o zapatas, será de longitud continua, no se aceptarán empalmes traslapados. Para el acero de refuerzo principal de vigas conectoras se aceptaran empalmes traslapados para varillas menores a la No. 6, para varillas mayores el acero deberá ser de longitud continua. Los empalmes traslapados tendrán una longitud de 40 veces el diámetro para varillas corrugadas y 60 veces el diámetro para varilla lisa o circular. Si en una sección se empalma más de la tercera parte del refuerzo, la longitud de traslape debe incrementarse en un 50%.

II.4.8. Separaciones y silletas: El Contratista suministrará y colocará todos los dispositivos (grapasp, separadores, silletas) que se necesiten para asegurar que después de colado, el acero de refuerzo cumpla con las tolerancias que se fijan para las varillas del lecho superior.

II.4.9. Limpieza: En caso de tener oxido suelto o escamas, estas se removerán utilizando un cepillo de alambre o chorro de agua a presión. No se requerirá obtener una apariencia lisa y brillante, sino únicamente la remoción del material suelto. La grasa o aceite se removerán con antorcha de propano o limpiando las varillas con solventes como gasolinas, etc.

### II.5. Cimbra

II.5.1. La cimbra deberá ser lo suficientemente fuerte para resistir la presión resultante del vaciado y vibración del concreto, estar sujeta rígidamente en su posición correcta y lo suficientemente impermeable para evitar la pérdida de la lechada.

II.5.2. Materiales: La cimbra podrá ser metálica, de duela cepillada o de triplay impermeable de 1.80 cm en caso de emplearse triplay o duela se deberá cepillar después de cada uso y el número de usos estará limitado al espesor y al estado del material.

II.5.3. Lubricación, limpieza e impermeabilización: Antes de colocar el refuerzo, se barnizará la cimbra con una capa de aceite mineral ligero u otro lubricante que no manche el concreto. Al iniciar el colado, la cimbra deberá estar limpia y exenta de toda partícula suelta, se regará con agua la cimbra antes de colar.

II.5.4. Aberturas: Según sea el caso, la parte inferior de la cimbra estará provista de aberturas que permitan la inspección del fondo para ejecutar y verificar su limpieza antes del colado.

II.5.5. Descimbrado: Los moldes deberán ser removidos sin hacer daño al concreto. El Contratista será responsable de cualquier descimbrado que lleve a acabo antes que el concreto alcance los 28 días, si se uso cemento tipo I o II, o la edad en que alcance la resistencia especificada.

### **III. FABRICACION DEL CONCRETO**

III.1. Composición: El concreto estará compuesto de cemento Pórtland tipo I, II o III, según el caso, arena, agregado grueso, agua y aditivos como se especifique, todo bien mezclado y con la consistencia apropiada.

III.2. Proporción de mezclas: Las mezclas se diseñan de manera que se ajusten a los requisitos de la estructura y siguiendo las recomendaciones de la especificación ACI-613.

III.3. Concreto premezclado: Se puede utilizar alternativamente concreto premezclado siempre y cuando, tanto la planta como el equipo de transporte como el equipo de transporte satisfagan los requisitos de la especificación ASTM C94 "Specification for ready mixed concrete" y de acuerdo a lo indicado en el inciso III.2. La selección del proveedor y elección del tipo de concreto en este caso deberá ser aprobado por la Supervisión de Obra Civil de la Gerencia de Ingeniería, la cual requerirá la documentación que certifique lo siguiente:

- Tipo de concreto.
- Tipo de cemento.
- Cantidad de concreto.
- Hora de iniciación de mezclado con agua.
- Hora de descarga del concreto.
- Revenimiento.
- Aditivos utilizados

La entrega de concreto para un mismo colado deberá ser hecha de manera que no transcurra más de media hora entre dos sucesivas. El concreto se entregará y descargará en la obra antes de una hora, después de mezclar el cemento con agua.

Si al llegar a la obra el tiempo de revoltura hubiera expirado o el revenimiento señalado no satisface lo requerido, la carga será desechada.

El control y pruebas de laboratorio se efectuarán en el sitio y será dejado a consideración de la Supervisión de Obra Civil de la Gerencia de Ingeniería.

III.4. Revenimientos: En elementos con altura de colocado mayor de 2.50 m, no se permitirán revenimientos mayores de 8 a 10 cm.

Cuando la facilidad de colado lo amerite o el empleo de vibradores especiales lo justifique, el Supervisor de Obra Civil podrá utilizar otros revenimientos.

### III.5. Colocación del Concreto

III.5.1. Vaciado: El Contratista dará aviso a la Supervisión de Obra Civil, por lo menos con 24 horas de anticipación al momento de iniciar el colado, esto para que este presente en el sitio durante el colado.

En colados en superficies grandes o no confinadas, se iniciará la colocación del concreto por el perímetro.

En el caso de trabes, se empezará colocando el concreto en los extremos de la sección respectiva y progresando hacia el centro. En todos los casos el procedimiento evitará la acumulación de agua en las esquinas o en bolsas próximas a la cimbra.

El colado se efectuará con una rapidez tal que el concreto esté en todo momento plástico y fluya fácilmente en los espacios entre varillas del refuerzo.

La capacidad del equipo y personal de colocación serán tales que el colado se mantenga activo en todo momento y libre de juntas frías, no se permitirá que el concreto caiga directamente desde una altura mayor de 1.20 m, cuando se requieran alturas mayores se usarán embudos u otros métodos.

En caso de lluvia, el colado se podrá realizar siempre y cuando se proteja esta área, en caso que se presente la lluvia durante el colado, deberán protegerse convenientemente las superficies de concreto fresco.

Cuando se utilicen canalones serán de metal o recubrimiento metálico, con una pendiente 1:3.

Cuando se presente la necesidad de una junta, esta se hará en planos horizontales o verticales y perpendiculares a una de las direcciones del refuerzo. Cuando se presente la junta en una parte de la estructura en la cual necesariamente debe ser continua se formará una llave de cortante en el plano de la liga. Cuando no se indique en los planos, estas se harán centradas y de un tercio de la anchura del elemento estructural, con una altura de un tercio a un medio de su ancho.

III.5.2. Vibrado: Todo colado de concreto se compactará por vibración, se picará y moverá con herramienta adecuada haciéndolo fluir completamente alrededor del refuerzo, de elementos empotrados, hacia las esquinas y lugares remotos de la cimbra para que de esta manera se eliminen bolsas de aire o aglomeraciones de agregado grueso.

Los vibradores se utilizarán programadamente y bajo supervisión, insertándolos sucesivamente en lugares que no tengan separadores mayores al rango de 50 a 75 cm durante un tiempo suficiente el cual garantice evitar segregaciones. Se recomienda un tiempo de inserción de 5 a 15 seg.

La cabeza del vibrador se introducirá verticalmente, sin remover con ellos el concreto, no se permitirá aplicarlo horizontalmente.

III.5.3. Curado y protección: En toda estructura el concreto fabricado con cemento tipo I se mantendrá en condiciones de humedad, y protegido según lo apruebe la supervisión, por lo menos los primeros 7 días después de su colocación, y en concreto de alta resistencia (tipo III) será mantenido en forma durante tres días por lo menos, para fines de curado para cualquier tipo de concreto, se empleará un compuesto de curado con membrana para conseguir la humedad. El compuesto utilizado se ajustará a la norma ASTM C 309 y de acuerdo a la información del fabricante.

Durante el periodo del curado y fraguado, el concreto deberá ser protegido de influencias dañinas como esfuerzos, golpes, lluvias, agua, corrientes, etc.

#### **IV. DISPOSICIONES GENERALES**

IV.1. Para toda estructura de concreto se deberán seguir las especificaciones y códigos indicados en estas normas.

IV.2. Cualquier disposición que no incluyan las presentes normas o los conflictos que puedan ocurrir se deberán solucionar por la Gerencia de Ingeniería Sercom de Honduras.



# ANEXO 3. MEMORIA DE CALCULO TORRE AJ INGENIEROS 60MTS 90MPH

Friday, September 18, 2015, 04:43 PM

Friday, September 18, 2015, 04:43 PM

PAGE NO. 1

```
*****  
*  
*          STAAD.Pro V8i SELECTseries4          *  
*          Version 20.07.10.65                  *  
*          Proprietary Program of              *  
*          Bentley Systems, Inc.                *  
*          Date SEP 18, 2015                    *  
*          Time 15:42:33                         *  
*  
*          USER ID: Toahiba                       *  
*****
```

```
1. STAAD SPACE DXF IMPORT OF MODELO TORRE AJ-60-90TETCEL.DXF  
INPUT FILE: 60TR90 sin viga de amarre y pedestales y sin articulaciones para losa.3DT  
2. START JOB INFORMATION  
3. JOB NAME TORRES DE TELECOMUNICACIONES  
4. JOB CLIENT SERCOM  
5. JOB NO 016/2005  
6. JOB PART SUPERESTRUCTURA  
7. JOB REF AJ60--TR-90  
8. JOB COMMENT TIPO DE TORRE-TRANSMISION  
9. JOB COMMENT ALTURA DE LA TORRE = 60.00M  
10. JOB COMMENT VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA BASE=90MPH  
11. JOB COMMENT NORMATIVA TIA-222F  
12. JOB COMMENT -  
13. ENGINEER NAME JETH  
14. APPROVED NAME IP  
15. ENGINEER DATE 04-MAY-05  
16. APPROVED DATE 10-MAY-05  
17. END JOB INFORMATION  
18. INPUT WIDTH 79  
19. UNIT MMS KG  
20. JOINT COORDINATES  
21. 1 2570 60000 4527; 2 4369 60000 4527; 3 3473 60000 2976.82; 4 2570 58500 4527  
22. 5 2570 54000 4527; 6 2483 52000 4582.13; 7 6946.01 -1.137E-013 6015.41  
23. 8 6874.4 1500 5974.07; 9 4368.01 54000 4527; 10 4368.01 55500 4527  
24. 11 3473 58500 2976.82; 12 3473 54000 2976.82; 13 3473 52000 2666.57  
25. 14 4659.56 6000 5850.04; 15 6587.94 7500 5808.69; 16 8373.1 12000 5684.66  
26. 17 4301.5 13500 5643.31; 18 294.436 6000 5850.04; 19 234.824 4500 5891.38  
27. 20 3473 6000 338.759; 21 3473 4500 248.068; 22 572.898 12000 5684.66  
28. 23 581.27 10500 5726; 24 3473 12000 661.516; 25 3473 10500 578.826  
29. 26 3473 18000 982.273; 27 3473 14500 989.585; 28 6086.67 18000 5519.28  
30. 29 5591.19 20000 5464.15; 30 859.335 18000 5519.28; 31 787.732 14500 5560.62  
31. 32 1145.77 24000 5353.9; 33 1050.29 22000 5409.02; 34 5600.23 24000 5353.9  
32. 35 5704.75 26000 5298.77; 36 3473 26000 1323.03; 37 3473 22000 1212.78  
33. 38 1432.23 30000 5188.52; 39 1336.73 28000 5243.65; 40 5513.79 30000 5188.52  
34. 41 5418.29 32000 5133.39; 42 3473 30000 1653.79; 43 3473 28000 1543.54  
35. 44 3473 36000 1984.55; 45 3473 34000 1874.29; 46 1718.67 36000 5023.14  
36. 47 1623.19 34000 5078.27; 48 5227.33 36000 5023.14; 49 5131.85 38000 4968.01  
37. 50 2005.11 42000 4857.76; 51 1909.63 40000 4912.99; 52 3473 48000 2646.06  
38. 53 3473.01 46000 2535.91; 54 4654.01 48000 4692.38; 55 4559.01 50000 4637.26
```

DXF IMPORT OF MODELO TORRE AJ-60-90TETCEL.DXF -- PAGE NO. 2

```
39. 56 2292 48000 4692.38; 57 2186 46000 4747.51; 58 4940.89 42000 4857.76  
40. 59 4845.42 44000 4802.64; 60 3473 42000 2315.3; 61 3473 40000 2205.05  
41. 62 1736.5 765.79 5994.31; 63 6802.77 3000 5932.73; 64 5137.9 3766.48 5911.6  
42. 65 1879.73 6767.24 5828.89; 66 6516.33 9000 5767.35  
43. 67 4994.67 9768.07 5746.17; 68 5209.5 765.79 5994.31; 69 143.231 3000 5932.73  
44. 70 1808.1 3766.48 5911.6; 71 5064.27 6767.24 5828.89; 72 429.667 9000 5767.35  
45. 73 1951.33 9768.07 5746.17; 74 4923.66 12769 5663.46; 75 716.154 15000 5601.97  
46. 76 2094.54 15770 5586.74; 77 2164.17 17579 5539.4; 78 4229.9 15000 5601.97  
47. 79 4851.44 14269 5622.15; 80 3473 14018.6 5481.2; 81 3473 21019.3 5426.06  
48. 82 3473 23020.1 5380.91; 83 954.913 20000 5464.15; 84 5695.71 20000 5489.02  
49. 85 3473 25020.8 5325.76; 86 3473 27021.9 5278.61; 87 3473 29022.9 5215.45  
50. 88 1241.25 26000 5298.77; 89 5409.27 28000 5243.65; 90 3473 31024 5160.3  
51. 91 3473 33025.2 5105.14; 92 3473 35026.5 5049.97; 93 1527.71 32000 5133.39  
52. 94 5322.81 34000 5078.27; 95 3473 37028 4994.81; 96 3473 39029.6 4939.64  
53. 97 3473 41031.5 4884.46; 98 1814.15 38000 4968.01; 99 5036.37 40000 4912.99  
54. 100 3473 43033.6 4829.27; 101 3473 45036 4774.08; 102 3473 47038.8 4718.87  
55. 103 3473 49042.1 4663.66; 104 2387 50000 4637.26; 105 3473 51046 4606.43  
56. 106 4463.01 52000 4582.13; 107 3473 53050.6 4553.17; 108 3473 54750 4527  
57. 109 3473 56250 4527; 110 2576.01 57000 4527; 111 3473 57750 4527  
58. 112 4368 58500 4527; 113 3473 59250 4527; 114 2100.58 44000 4802.64  
59. 115 4758.01 46000 4747.51; 116 2576 55500 4527; 117 4368.01 57000 4527  
60. 118 3473 1531.58 5973.2; 119 5137.9 2265.79 5850.04  
61. 120 1808.1 2265.79 5850.04; 121 3473 4532.97 5890.47  
62. 122 5066.27 5266.48 5870.25; 123 1879.73 5266.48 5870.25  
63. 124 3473 7534.48 5807.74; 125 4994.67 8267.24 5787.54; 126 3473 10536.1 5725  
64. 127 4923.06 11268.1 5704.83; 128 2022.94 11268.1 5704.83  
65. 129 3473 16540 5559.52; 130 4779.83 17270 5539.4; 131 4851.44 15770 5580.74  
66. 132 3473 13538 5642.26; 133 2094.56 14269 5622.12; 134 6158.27 16500 5560.62  
67. 135 644.501 13500 5643.31; 136 6444.73 10500 5726; 137 358.065 7500 5808.69  
68. 138 6731.17 4500 5891.38; 139 71.6027 1500 5974.07  
69. 140 1951.33 8267.24 5787.54; 141 2022.94 12769 5663.46  
70. 142 0 -6.253E-013 6015.41; 143 986.53 765.79 4522.11; 144 3473 3000 165.379  
71. 145 2658.85 3766.48 1617.78; 146 3473 2.274E-013 8; 147 2623.03 765.79 1514.41  
72. 148 993.943 3766.48 4501.45; 149 2694.68 6767.24 1721.15  
73. 150 1208.83 9768.07 4460.13; 151 1101.4 6767.24 4480.79; 152 3473 9000 496.137  
74. 153 2738.5 9768.07 1824.52; 154 1316.27 12769 4439.47  
75. 155 3766.33 12769 1927.9; 156 3473 15000 826.895; 157 2802.16 15770 2031.27  
76. 158 1423.71 15770 4418.81; 159 2190.48 18018.6 3269.81; 160 3473 20000 1102.53  
77. 161 2238.24 21019.3 3297.39; 162 2286 23020.1 3324.96  
78. 163 2333.76 25020.9 3352.54; 164 3473 26000 1433.28  
79. 165 2381.52 27021.9 3386.11; 166 2429.29 29022.9 3407.69  
80. 167 2477.05 31024 3435.27; 168 3473 32000 1764.04; 169 2524.82 33025.2 3462.85  
81. 170 2572.4 35026.5 3490.43; 171 2620.27 37029 3518.01; 172 3473 38000 2094.8  
82. 173 2668.15 39029.6 3545.6; 174 2763.73 43033.6 3600.28  
83. 175 3473 44080 3425.54; 176 2811.53 45036 3629.27; 177 2859.33 47038.8 3655.98  
84. 178 2907.15 49042.1 3683.58; 179 2954.89 51046 3711.2  
85. 180 3002.84 53050.6 3738.83; 181 3025.5 54750 3751.91  
86. 182 3025.5 56250 3751.91; 183 3025.5 57750 3751.91; 184 3025.5 58250 3751.91  
87. 185 3473 1500 82.6897; 186 3473 7500 413.447; 187 3473 13500 744.206  
88. 188 1773.06 1531.58 3028.81; 189 2623.03 2265.79 1597.1  
89. 190 958.141 2265.79 4480.77; 191 1844.7 4532.97 3070.18  
90. 192 1065.37 5266.48 4460.13; 193 2658.85 5266.48 1700.47  
91. 194 1916.35 7534.48 3111.54; 195 1173.01 8267.24 4439.45  
92. 196 2694.48 8267.24 1803.94; 197 1988 10536.1 3152.81  
93. 198 1285.45 11268.1 4418.78; 199 2738.5 11268.1 1907.21  
94. 200 2059.66 13538 3194.29; 201 1387.88 14269 4388.12
```

```

*****
*
*          STAAD.Pro V8i SELECTseries5
*          Version 20.07.10.65
*          Proprietary Program of
*          Bentley Systems, Inc.
*          Date=   SEP 18, 2015
*          Time=  15:42:33
*
*          USER ID: Toshiba
*****

```

1. STAAD SPACE DXF IMPORT OF MODELO TORRE AJ-60-90TELCEL.DXF
- INPUT FILE: 60TR90 sin viga de amarre y pedestales y sin articulaciones para losa.STD
2. START JOB INFORMATION
3. JOB NAME TORRES DE TELECOMUNICACIONES
4. JOB CLIENT SERCOM
5. JOB NO 016/2005
6. JOB PART SUPERESTRUCTURA
7. JOB REF AJ60--R-90
8. JOB COMMENT TIPO DE TORRE=TRANSMISION
9. JOB COMMENT ALTURA DE LA TORRE = 60.00M
10. JOB COMMENT VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA BASE=90MPH
11. JOB COMMENT NORMATIVA TIA-222F
12. JOB COMMENT .
13. ENGINEER NAME JETM
14. APPROVED NAME JP
15. ENGINEER DATE 06-NOV-05
16. APPROVED DATE 10-NOV-05
17. END JOB INFORMATION
18. INPUT WIDTH 79
19. UNIT MMS KG
20. JOINT COORDINATES
21. 1 2578 60000 4527; 2 4368 60000 4527; 3 3473 60000 2976.02; 4 2578 58500 4527
22. 5 2578 54000 4527; 6 2483 52000 4582.13; 7 6946.01 -1.137E-013 6015.41
23. 8 6874.4 1500 5974.07; 9 4368.01 54000 4527; 10 4368.01 55500 4527
24. 11 3473 58500 2976.82; 12 3473 54000 2976.82; 13 3473 52000 2866.57
25. 14 6659.56 6000 5850.04; 15 6587.94 7500 5808.69; 16 6373.1 12000 5684.66
26. 17 6301.5 12500 5643.31; 18 286.436 6000 5850.04; 19 214.834 4500 5891.38
27. 20 3473 6000 330.759; 21 3473 4500 240.069; 22 572.898 12000 5684.66
28. 23 501.27 10500 5726; 24 3473 12000 661.516; 25 3473 10500 578.826
29. 26 3473 18000 992.273; 27 3473 16500 909.585; 28 6086.67 18000 5519.28
30. 29 5991.19 20000 5464.15; 30 859.335 18000 5519.28; 31 787.732 16500 5560.62
31. 32 1145.77 24000 5353.9; 33 1050.29 22000 5409.02; 34 5800.23 24000 5353.9
32. 35 5704.75 26000 5298.77; 36 3473 24000 1323.03; 37 3473 22000 1212.78
33. 38 1432.23 30000 5188.52; 39 1336.73 28000 5243.65; 40 5513.79 30000 5188.52
34. 41 5418.29 32000 5133.39; 42 3473 30000 1653.79; 43 3473 28000 1543.54
35. 44 3473 36000 1984.55; 45 3473 34000 1874.29; 46 1718.67 36000 5023.14
36. 47 1623.19 34000 5078.27; 48 5227.33 36000 5023.14; 49 5131.85 38000 4969.01
37. 50 2005.11 42000 4857.76; 51 1909.63 40000 4912.89; 52 3473 48000 2646.06
38. 53 3473.01 46000 2535.81; 54 4654.01 48000 4692.38; 55 4559.01 50000 4637.26

39. 56 2292 48000 4692.38; 57 2196 46000 4747.51; 58 4940.89 42000 4857.76
40. 59 4845.42 44000 4802.64; 60 3473 42000 2315.3; 61 3473 40000 2205.05
41. 62 1736.5 765.79 5994.31; 63 6802.77 3000 5932.73; 64 5137.9 3766.48 5911.6
42. 65 1879.73 6767.24 5828.89; 66 6516.33 9000 5767.35
43. 67 4994.67 9768.07 5746.17; 68 5209.5 765.79 5994.31; 69 143.231 3000 5932.73
44. 70 1808.1 3766.48 5911.6; 71 5066.27 6767.24 5828.89; 72 429.667 9000 5767.35
45. 73 1951.33 9768.07 5746.17; 74 4923.06 12769 5663.46; 75 716.104 15000 5601.97
46. 76 2094.56 15770 5500.74; 77 2166.17 17270 5539.4; 78 6229.9 15000 5601.97
47. 79 4851.44 14269 5622.12; 80 3473 19018.6 5491.2; 81 3473 21019.3 5436.06
48. 82 3473 23020.1 5380.91; 83 954.813 20000 5464.15; 84 5895.71 22000 5409.02
49. 85 3473 25020.9 5325.76; 86 3473 27021.9 5270.61; 87 3473 29022.9 5215.45
50. 88 1241.25 26000 5298.77; 89 5609.27 28000 5243.65; 90 3473 31024 5160.3
51. 91 3473 33025.2 5105.14; 92 3473 35026.5 5049.97; 93 1527.71 32000 5133.39
52. 94 5322.81 34000 5078.27; 95 3473 37028 4894.81; 96 3473 39029.6 4939.64
53. 97 3473 41031.5 4894.46; 98 1814.15 38000 4968.01; 99 5036.37 40000 4912.89
54. 100 3473 43033.6 4829.27; 101 3473 45036 4774.08; 102 3473 47038.8 4718.87
55. 103 3473 49042.1 4663.66; 104 2387 50000 4637.26; 105 3473 51046 4608.43
56. 106 4463.01 52000 4582.13; 107 3473 53050.6 4553.17; 108 3473 54750 4527
57. 109 3473 56250 4527; 110 2578.01 57000 4527; 111 3473 57750 4527
58. 112 4368 58500 4527; 113 3473 59250 4527; 114 2100.58 44000 4802.64
59. 115 4750.01 46000 4747.51; 116 2578 55500 4527; 117 4368.01 57000 4527
60. 118 3473 1531.58 5973.2; 119 5137.9 2265.79 5952.96
61. 120 1808.1 2265.79 5952.96; 121 3473 4532.97 5890.47
62. 122 5066.27 5266.48 5870.25; 123 1879.73 5266.48 5870.25
63. 124 3473 7534.48 5807.74; 125 4994.67 8267.24 5787.54; 126 3473 10536.1 5725
64. 127 4923.06 11268.1 5704.83; 128 2022.94 11268.1 5704.83
65. 129 3473 16540 5559.52; 130 4779.83 17270 5539.4; 131 4851.44 15770 5580.74
66. 132 3473 13538 5642.26; 133 2094.56 14269 5622.12; 134 6158.27 16500 5560.62
67. 135 644.501 13500 5643.31; 136 6444.73 10500 5726; 137 358.065 7500 5808.69
68. 138 6731.17 4500 5891.38; 139 71.6027 1500 5974.07
69. 140 1951.33 8267.24 5787.54; 141 2022.94 12769 5663.46
70. 142 0 -6.253E-013 6015.41; 143 886.53 765.79 4522.11; 144 3473 3000 165.379
71. 145 2658.85 3766.48 1617.78; 146 3473 2.274E-013 0; 147 2623.03 765.79 1514.41
72. 148 993.963 3766.48 4501.45; 149 2694.68 6767.24 1721.15
73. 150 1208.83 9768.07 4460.13; 151 1301.4 6767.24 4480.79; 152 3473 9000 496.137
74. 153 2730.5 9768.07 1824.52; 154 1316.27 12769 4439.47
75. 155 2766.33 12769 1927.9; 156 3473 15000 826.895; 157 2802.16 15770 2031.27
76. 158 1423.71 15770 4418.81; 159 2190.48 19018.6 3269.81; 160 3473 20000 1102.53
77. 161 2238.24 21019.3 3297.39; 162 2266 23020.1 3324.96
78. 163 2332.76 25020.9 3352.54; 164 3473 26000 1433.28
79. 165 2381.52 27021.9 3380.11; 166 2429.29 29022.9 3407.69
80. 167 2477.05 31024 3435.27; 168 3473 32000 1764.04; 169 2524.82 33025.2 3462.85
81. 170 2572.6 35026.5 3490.43; 171 2620.37 37028 3518.01; 172 3473 38000 2094.8
82. 173 2668.15 39029.6 3545.6; 174 2763.73 43033.6 3600.78
83. 175 3473 44000 2425.56; 176 2811.53 45036 3628.37; 177 2859.33 47038.8 3655.98
84. 178 2907.15 49042.1 3683.58; 179 2954.99 51046 3711.2
85. 180 3002.84 53050.6 3738.83; 181 3025.5 54750 3751.91
86. 182 3025.5 56250 3751.91; 183 3025.5 57750 3751.91; 184 3025.5 59250 3751.91
87. 185 3473 1500 82.6897; 186 3473 7500 413.447; 187 3473 13500 744.206
88. 188 1773.06 1531.58 3028.81; 189 2623.03 2265.79 1597.1
89. 190 958.141 2265.79 4480.77; 191 1844.7 4532.97 3070.18
90. 192 1065.57 5266.48 4460.11; 193 2658.85 5266.48 1700.47
91. 194 1916.35 7534.48 3111.54; 195 1173.01 8267.24 4439.45
92. 196 2694.68 8267.24 1803.84; 197 1988 10536.1 3152.91
93. 198 1280.45 11268.1 4418.78; 199 2730.5 11268.1 1907.21
94. 200 2059.66 13538 3194.28; 201 1387.88 14269 4398.12

95. 202 2766.33 14269 2010.59; 203 2131.32 16540 3235.65
96. 204 1495.32 17270 4377.47; 205 2802.16 17270 2113.96
97. 206 3473.01 50000 2756.31; 207 3473.01 55500 2976.82
98. 208 3473.01 57000 2976.82; 209 4322.97 765.79 1514.41
99. 210 5952.04 3766.48 4501.45; 211 4251.32 6767.24 1721.15
100. 212 5737.17 9768.07 4460.13; 213 4179.67 12769 1927.9
101. 214 5522.29 15770 4418.81; 215 6059.47 765.79 4522.11
102. 216 4207.15 3766.48 1617.78; 217 5844.6 6767.24 4480.79
103. 218 4215.5 9768.07 1824.52; 219 5629.73 12769 4439.47
104. 220 4143.04 15770 2031.27; 221 4755.52 19018.6 3269.81
105. 222 4707.76 21019.3 3297.39; 223 4660 23020.1 3924.96
106. 224 4612.24 25020.9 3352.54; 225 4564.48 27021.9 3380.11
107. 226 4516.71 29022.9 3407.69; 227 4468.95 31024 3435.27
108. 228 4421.18 33025.2 3462.85; 229 4373.4 35026.5 3490.43
109. 230 4325.63 37028 3518.01; 231 4277.85 39029.6 3545.6
110. 232 4230.06 41031.5 3573.19; 233 4182.27 43033.6 3600.78
111. 234 4134.47 45036 3628.37; 235 4086.67 47038.8 3655.98
112. 236 4038.85 49042.1 3683.58; 237 3991.01 51046 3711.2
113. 238 3943.16 53050.6 3738.83; 239 3920.5 54750 3751.91
114. 240 3920.5 56250 3751.91; 241 3920.5 57750 3751.91; 242 3920.5 59250 3751.91
115. 243 5172.94 1531.58 3028.81; 244 4322.97 2265.79 1597.1
116. 245 5987.86 2265.79 4480.77; 246 5101.3 4532.97 3070.18
117. 247 4207.15 5266.48 1700.47; 248 5880.43 5266.48 4460.11
118. 249 5029.65 7534.48 3111.54; 250 4251.32 8267.24 1803.84
119. 251 5772.99 8267.24 4439.45; 252 4958 10536.1 3152.91
120. 253 4215.5 11268.1 1907.21; 254 5665.55 11268.1 4418.78
121. 255 4886.34 13538 3194.28; 256 4179.67 14269 2010.59
122. 257 5558.12 14269 4398.12; 258 4814.68 16540 3235.65
123. 259 4143.04 17270 2113.96; 260 5450.68 17270 4377.47
124. 261 2715.94 41031.5 3573.19; 262 6946 -150 6015; 263 0 -150 6015
125. 264 3473 -150 0; 265 6946 -800 6015; 266 0 -800 6015; 267 3473 -800 0
126. MEMBER INCIDENCES
127. 1 1 2; 2 1 3; 3 2 2; 4 1 4; 5 5 6; 6 7 8; 7 9 10; 8 3 11; 9 12 13; 10 14 15
128. 11 16 17; 12 18 19; 13 20 21; 14 22 23; 15 24 25; 16 26 27; 17 28 29; 18 30 31
129. 19 32 33; 20 34 35; 21 36 37; 22 38 39; 23 40 41; 24 42 43; 25 44 45; 26 46 47
130. 27 48 49; 28 50 51; 29 52 53; 30 54 55; 31 56 57; 32 58 59; 33 60 61; 34 63 64
131. 35 18 65; 36 66 67; 37 69 70; 38 14 71; 39 72 73; 40 16 74; 41 75 76; 42 30 77
132. 43 78 79; 44 30 80; 45 29 81; 46 33 82; 47 28 80; 48 03 81; 49 04 82; 50 32 85
133. 51 35 86; 52 39 87; 53 34 85; 54 88 86; 55 89 87; 56 38 90; 57 41 91; 58 47 92
134. 59 40 90; 60 93 91; 61 94 92; 62 46 95; 63 49 96; 64 51 97; 65 48 95; 66 98 96
135. 67 99 97; 68 50 100; 69 59 101; 70 57 102; 71 54 103; 72 104 105; 73 106 107
136. 74 5 108; 75 10 109; 76 110 111; 77 112 113; 78 58 100; 79 114 101; 80 115 102
137. 81 56 103; 82 55 105; 83 6 107; 84 9 108; 85 116 109; 86 117 111; 87 4 113
138. 88 118 119; 89 110 120; 90 121 122; 91 121 123; 92 124 125; 94 126 127
139. 95 126 128; 96 129 130; 97 129 131; 98 132 133; 100 80 29; 101 80 63
140. 102 81 84; 103 81 33; 104 82 34; 105 82 32; 106 85 35; 107 85 88; 108 86 89
141. 109 86 39; 110 87 40; 111 87 38; 112 90 41; 113 90 93; 114 91 94; 115 91 47
142. 116 92 48; 117 92 46; 118 95 49; 119 95 98; 120 96 99; 121 96 51; 122 97 58
143. 123 97 50; 124 100 59; 125 100 114; 126 101 115; 127 101 57; 128 102 54
144. 129 102 56; 130 103 55; 131 103 104; 132 105 106; 133 105 6; 134 107 9
145. 135 107 5; 136 108 10; 137 108 116; 138 109 117; 139 109 110; 140 111 112
146. 141 111 4; 142 113 2; 143 113 1; 144 112 2; 145 4 110; 146 117 112
147. 147 110 116; 148 10 117; 149 116 5; 150 6 104; 151 106 9; 152 55 106
148. 153 115 54; 154 59 115; 155 104 56; 156 57 114; 157 114 50; 158 99 58
149. 159 49 99; 160 51 98; 161 98 46; 162 94 48; 163 41 94; 164 47 93; 165 93 38
150. 166 89 40; 167 35 89; 168 39 88; 169 88 32; 170 84 34; 171 29 84; 172 33 83

151. 173 78 134; 174 75 135; 175 66 136; 176 72 137; 177 63 138; 178 69 139
152. 179 68 8; 180 8 119; 181 64 138; 182 138 122; 183 70 19; 184 19 123
153. 185 62 139; 186 139 120; 187 65 137; 188 137 140; 189 71 15; 190 15 125
154. 191 67 136; 192 136 127; 193 73 23; 194 23 128; 195 141 135; 196 135 133
155. 197 74 17; 198 17 79; 199 76 31; 200 31 77; 201 131 134; 202 134 130
156. 203 62 118; 204 139 142; 205 8 63; 206 68 118; 207 119 63; 208 120 69
157. 209 19 69; 210 123 18; 211 122 14; 212 64 121; 213 138 14; 214 137 18
158. 215 125 66; 216 71 124; 217 15 66; 218 23 72; 219 73 126; 220 128 22
159. 221 127 16; 222 67 126; 223 136 16; 224 133 75; 225 79 132; 226 74 132
160. 227 17 78; 228 134 28; 229 130 28; 230 131 78; 231 76 129; 232 77 129
161. 233 91 75; 234 135 22; 236 70 121; 237 65 124; 238 83 30; 239 144 145
162. 240 146 147; 241 69 148; 242 20 149; 243 72 150; 244 18 151; 245 152 153
163. 246 22 154; 247 24 155; 248 156 157; 249 75 158; 250 30 159; 251 26 159
164. 252 160 161; 253 83 161; 254 37 162; 255 33 162; 256 36 163; 257 32 163
165. 258 164 165; 259 88 165; 260 43 166; 261 39 166; 262 42 167; 263 38 167
166. 264 168 169; 265 93 169; 266 45 170; 267 47 170; 268 44 171; 269 46 171
167. 270 172 173; 271 98 173; 272 61 261; 273 51 261; 274 60 174; 275 50 174
168. 276 175 176; 277 114 176; 278 57 177; 279 56 178; 280 104 179; 281 6 180
169. 282 5 181; 283 116 182; 284 110 183; 285 4 184; 286 1 184; 287 4 183
170. 288 110 182; 289 116 181; 290 5 180; 291 6 179; 292 104 178; 293 56 177
171. 294 144 185; 295 152 186; 296 156 187; 297 188 189; 298 188 190; 299 191 192
172. 300 191 193; 301 194 195; 302 194 196; 303 197 198; 304 197 199; 305 200 201
173. 306 200 202; 307 203 204; 308 203 205; 309 160 26; 310 159 83; 311 159 160
174. 312 161 37; 313 161 33; 314 162 32; 315 162 36; 316 163 88; 317 163 164
175. 318 37 160; 319 165 39; 320 165 43; 321 164 36; 322 43 164; 323 166 38
176. 324 166 42; 325 167 168; 326 167 93; 327 169 47; 328 169 45; 329 168 42
177. 330 45 168; 331 170 44; 332 170 46; 333 171 98; 334 171 172; 335 172 44
178. 336 61 172; 337 173 61; 338 173 51; 339 175 60; 340 174 175; 341 174 114
179. 342 176 57; 343 176 53; 344 177 53; 345 177 52; 346 53 175; 347 178 52
180. 348 178 206; 349 206 52; 350 179 206; 351 179 13; 352 13 206; 353 180 13
181. 354 180 12; 355 181 12; 356 181 207; 357 182 207; 358 182 208; 359 183 208
182. 360 183 11; 361 208 207; 362 207 12; 363 11 208; 364 184 11; 365 184 3
183. 366 147 185; 367 185 189; 368 143 139; 369 139 190; 370 148 19; 371 19 192
184. 372 145 21; 373 21 193; 374 151 137; 375 137 195; 376 149 186; 377 186 196
185. 378 150 23; 379 23 198; 380 154 135; 381 135 201; 382 153 25; 383 25 199
186. 384 155 187; 385 187 202; 386 158 21; 387 31 204; 388 157 27; 389 27 205
187. 390 147 188; 391 189 144; 392 148 191; 393 190 69; 394 151 194; 395 195 72
188. 396 149 194; 397 196 152; 398 186 20; 399 21 144; 400 145 191; 401 193 20
189. 402 192 18; 403 150 197; 404 198 22; 405 153 197; 406 199 24; 407 25 152
190. 408 154 200; 409 201 75; 410 155 200; 411 202 156; 412 158 203; 413 204 30
191. 414 157 203; 415 205 26; 416 187 24; 417 143 188; 418 27 156; 419 146 209
192. 420 63 210; 421 20 211; 422 66 212; 423 24 213; 424 78 214; 425 144 216
193. 426 14 217; 427 152 218; 428 16 219; 429 156 220; 430 28 221; 431 168 222
194. 432 84 223; 433 36 224; 434 35 225; 435 43 226; 436 40 227; 437 168 228
195. 438 94 229; 439 44 230; 440 49 231; 441 61 232; 442 58 233; 443 175 234
196. 444 115 235; 445 52 236; 446 55 237; 447 13 238; 448 9 239; 449 207 240
197. 450 117 241; 451 11 242; 452 3 242; 453 112 241; 454 208 240; 455 10 239
198. 456 12 238; 457 106 237; 458 206 236; 459 54 235; 460 53 234; 461 59 233
199. 462 60 232; 463 99 231; 464 172 230; 465 48 229; 466 45 228; 467 41 227
200. 468 42 226; 469 89 225; 470 164 224; 471 34 223; 472 37 222; 473 29 221
201. 474 243 244; 475 243 245; 476 246 247; 477 246 248; 478 249 250; 479 249 251
202. 480 252 253; 481 252 254; 482 255 256; 483 255 257; 484 258 259; 485 258 260
203. 486 221 160; 487 221 26; 488 222 29; 489 222 84; 490 223 36; 491 223 37
204. 492 224 34; 493 224 35; 494 225 43; 495 225 164; 496 226 89; 497 226 40
205. 498 227 168; 499 227 42; 500 228 41; 501 228 94; 502 229 44; 503 229 45
206. 504 230 48; 505 230 49; 506 231 61; 507 231 172; 508 232 99; 509 232 58

DXF IMPORT OF MODELO TORRE AJ-60-90TELCEL.DXF -- PAGE NO. 5

207. 510 233 175; 511 233 60; 512 234 59; 513 234 115; 514 235 52; 515 235 53  
 208. 516 236 54; 517 236 55; 518 237 13; 519 237 206; 520 238 106; 521 238 9  
 209. 522 239 207; 523 239 12; 524 240 10; 525 240 117; 526 241 11; 527 241 208  
 210. 528 242 112; 529 242 2; 530 209 243; 531 215 8; 532 8 245; 533 209 185  
 211. 534 185 244; 535 210 138; 536 138 248; 537 217 15; 538 15 251; 539 212 136  
 212. 540 136 254; 541 219 17; 542 17 257; 543 214 134; 544 134 260; 545 216 21  
 213. 546 21 247; 547 211 186; 548 186 250; 549 218 25; 550 25 253; 551 213 187  
 214. 552 187 256; 553 220 27; 554 27 259; 555 244 144; 556 215 243; 557 245 63  
 215. 558 210 246; 559 247 20; 560 216 246; 561 248 14; 562 217 249; 563 251 66  
 216. 564 211 249; 565 250 152; 566 257 78; 567 219 255; 568 214 259; 569 260 28  
 217. 570 220 258; 571 259 26; 572 253 24; 573 218 252; 574 254 16; 575 212 252  
 218. 576 256 156; 577 213 255; 578 68 7; 579 215 7; 580 62 142; 581 143 142  
 219. 582 185 146; 583 261 60; 584 261 50; 585 22 141; 586 141 132; 587 124 140  
 220. 588 140 72; 592 146 264; 593 264 267; 594 142 263; 595 263 266; 596 7 262  
 221. 597 262 265  
 222. START GROUP DEFINITION  
 223. MEMBER  
 224. \_C12 4 7 8 144 TO 149 361 TO 363  
 225. \_C11 5 9 30 150 TO 152 155 349 352  
 226. \_C10 29 31 32 153 154 156 157 339 346  
 227. \_C9 27 28 33 158 TO 161 335 336  
 228. \_C8 23 25 26 162 TO 165 329 330  
 229. \_C7 20 22 24 166 TO 169 321 322  
 230. \_C6 17 19 21 170 TO 172 238 309 318  
 231. \_C5 11 16 18 173 174 227 228 233 234 296 416 418  
 232. \_C4 10 14 15 175 176 214 217 218 223 295 398 407  
 233. \_C3 6 12 13 177 178 204 205 209 213 294 399 582  
 234. \_D12 1 TO 3 74 TO 77 84 TO 87 136 TO 143 282 TO 289 355 TO 360 364 365 448 -  
 235. 449 TO 455 522 TO 529  
 236. \_D11 71 TO 73 81 TO 83 130 TO 135 279 TO 281 290 TO 292 347 348 350 351 353 -  
 237. 354 445 TO 447 456 TO 458 516 TO 521  
 238. \_D10 68 TO 70 78 TO 80 124 TO 129 274 TO 278 293 340 TO 345 442 TO 444 459 -  
 239. 460 TO 461 510 TO 515  
 240. \_D9 62 TO 67 118 TO 123 268 TO 273 333 334 337 338 439 TO 441 462 TO 464 504 -  
 241. 505 TO 509 583 584  
 242. \_D8 56 TO 61 112 TO 117 262 TO 267 325 TO 328 331 332 436 TO 438 465 TO 467 -  
 243. 498 TO 503  
 244. \_D7 50 TO 55 106 TO 111 256 TO 261 316 317 319 320 323 324 433 TO 435 460 -  
 245. 469 TO 470 492 TO 497  
 246. \_D6 44 TO 49 100 TO 105 250 TO 255 310 TO 315 430 TO 432 471 TO 473 486 TO 491  
 247. \_D5 40 TO 43 96 TO 98 224 TO 226 229 TO 232 246 TO 249 305 TO 308 408 TO 415 -  
 248. 423 424 428 429 482 TO 485 566 TO 571 576 577 585 586  
 249. \_D4 35 36 38 39 92 94 95 215 216 219 TO 222 227 242 TO 245 301 TO 304 394 -  
 250. 395 TO 397 403 TO 406 421 422 426 427 478 TO 481 562 TO 565 572 TO 575 587 -  
 251. 588  
 252. \_D3 34 37 88 TO 91 203 206 TO 208 210 TO 212 236 240 241 297 TO 300 -  
 253. 390 TO 393 400 TO 402 417 419 420 425 474 TO 477 530 555 TO 561 578 TO 581  
 254. \_D51 195 TO 202 380 381 384 TO 389 541 TO 544 551 TO 554  
 255. \_D41 187 TO 194 374 TO 379 382 383 537 TO 540 547 TO 550  
 256. \_D31 179 TO 186 366 TO 373 531 TO 536 545 546  
 257. END GROUP DEFINITION  
 258. START USER TABLE  
 259. TABLE 1  
 260. UNIT MMS KG  
 261. PIPE  
 262. PISO03

DXF IMPORT OF MODELO TORRE AJ-60-90TELCEL.DXF -- PAGE NO. 6

263. 88.3 81.9 0 0  
 264. PISO04  
 265. 113.5 106.3 0 0  
 266. P8HC40  
 267. 114.3 102.3 0 0  
 268. P6HC40  
 269. 168.3 154.1 0 0  
 270. P8HC40  
 271. 219.1 202.7 0 0  
 272. P10SCH40  
 273. 273.1 254.5 0 0  
 274. P10SCH80  
 275. 273.1 247.65 0 0  
 276. END  
 277. MEMBER PROPERTY EUROPEAN  
 278. 4 7 8 144 TO 149 361 TO 363 UPTABLE 1 PISO03  
 279. 5 9 30 150 TO 152 155 349 352 UPTABLE 1 P8HC40  
 280. 29 31 32 153 154 156 157 339 346 UPTABLE 1 P6HC40  
 281. MEMBER PROPERTY EUROPEAN  
 282. 1 TO 3 74 TO 77 84 TO 87 136 TO 143 282 TO 289 355 TO 360 364 365 448 TO 455 -  
 283. 522 TO 529 TABLE 8T L40X40X5  
 284. 34 TO 43 56 TO 73 78 TO 83 88 TO 92 94 TO 98 112 TO 135 203 206 TO 208 210 -  
 285. 211 TO 212 215 216 219 TO 222 224 TO 226 229 TO 232 236 237 239 TO 249 262 -  
 286. 263 TO 281 290 TO 293 297 TO 308 325 TO 328 331 TO 334 337 338 340 TO 345 -  
 287. 347 348 350 351 353 354 390 TO 397 400 TO 406 408 TO 415 417 419 TO 429 436 -  
 288. 437 TO 447 456 TO 467 474 TO 485 498 TO 521 530 555 TO 581 583 TO 587 -  
 289. 588 TABLE 8T L65X65X5  
 290. 44 TO 55 100 TO 111 250 TO 261 310 TO 317 319 320 323 324 430 TO 435 -  
 291. 468 TO 473 486 TO 497 TABLE 8T L80X80X6  
 292. 179 TO 202 366 TO 389 531 TO 554 TABLE 8T L50X50X5  
 293. MEMBER PROPERTY EUROPEAN  
 294. 23 25 TO 28 33 158 TO 165 329 330 335 336 UPTABLE 1 P8HC40  
 295. UNIT METER KG  
 296. MEMBER PROPERTY EUROPEAN  
 297. 10 11 14 TO 22 24 166 TO 176 214 217 218 223 227 228 233 234 238 295 296 309 -  
 298. 318 321 322 398 407 416 418 UPTABLE 1 P10SCH40  
 299. MEMBER PROPERTY EUROPEAN  
 300. 6 12 13 177 178 204 205 209 213 294 399 502 UPTABLE 1 P10SCH80  
 301. MEMBER PROPERTY EUROPEAN  
 302. 592 TO 597 PRIS YD 0.8 2D 0.8  
 303. UNIT MMS KG  
 304. SUPPORTS  
 305. 265 TO 267 FIXED  
 306. UNIT METER KG  
 307. DEFINE MATERIAL START  
 308. ISOTROPIC MATERIAL1  
 309. E 2.09042E+010  
 310. POISSON 0.3  
 311. DENSITY 7851.81  
 312. ALPHA 1.2E-011  
 313. ISOTROPIC CONCRETE  
 314. E 2.21467E+009  
 315. POISSON 0.17  
 316. DENSITY 2402.62  
 317. ALPHA 1E-005  
 318. DAMP 0.05

DXF IMPORT OF MODELO TORRE AJ-60-90TELCEL.DXF

-- PAGE NO. 7

319. TYPE CONCRETE  
 320. STRENGTH FCU 2.81228E+006  
 321. END DEFINE MATERIAL  
 322. UNIT MMS KG  
 323. CONSTANTS  
 324. MATERIAL MATERIAL1 MEMB 1 TO 92 94 TO 98 100 TO 234 236 TO 588  
 325. MATERIAL CONCRETE MEMB 592 TO 597  
 326. UNIT METER KG  
 327. LOAD 1 CARGA GRAVITACIONAL  
 328. SELWEIGHT Y -1  
 329. JOINT LOAD  
 330. 10 FY -320  
 331. 207 FY -320  
 332. 55 FY -213  
 333. 206 FY -213  
 334. 57 FY -320  
 335. 53 FY -320  
 336. LOAD 2 CARGA VIENTO Z ESTRUCTURA  
 337. JOINT LOAD  
 338. 1 2 4 10 108 TO 113 116 117 FZ -56.07  
 339. 5 6 9 55 103 TO 107 FZ -64.33  
 340. 54 56 57 59 100 TO 102 114 115 FZ -91.18  
 341. 49 TO 51 58 95 TO 99 FZ -104.02  
 342. 41 46 TO 48 90 TO 94 FZ -102.53  
 343. 35 38 TO 40 85 TO 89 FZ -114.15  
 344. 29 32 TO 34 80 TO 84 FZ -125.26  
 345. 28 30 75 78 129 132 FZ -168.29  
 346. 16 22 66 72 124 126 FZ -168.29  
 347. 14 18 63 69 118 121 FZ -169.23  
 348. LOAD 3 CARGA DE VIENTO Z CABLES  
 349. JOINT LOAD  
 350. 1 2 4 10 108 TO 113 116 117 FZ -61.8  
 351. 5 6 9 55 103 TO 107 FZ -59.86  
 352. 54 56 57 59 100 TO 102 114 115 FZ -57.76  
 353. 49 TO 51 58 95 TO 99 FZ -55.44  
 354. 41 46 TO 48 90 TO 94 FZ -52.85  
 355. 35 38 TO 40 85 TO 89 FZ -49.9  
 356. 29 32 TO 34 80 TO 84 FZ -46.43  
 357. 28 30 75 78 129 132 FZ -63.24  
 358. 16 22 66 72 124 126 FZ -56.38  
 359. 14 18 63 69 118 121 FZ -56.38  
 360. LOAD 4 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS MW  
 361. JOINT LOAD  
 362. 10 FZ -1637.71  
 363. 207 FZ -1318.28  
 364. 55 FZ -1025.76  
 365. 206 FZ -825.69  
 366. 57 FZ -1565.79  
 367. 53 FZ -1260.38  
 368. LOAD 5 CARGA DE VIENTO Z ANTENAS CEL  
 369. JOINT LOAD  
 370. 110 117 208 FZ -116.87  
 371. LOAD 6 SERVICIO VIENTO Z PLATAFORMA  
 372. JOINT LOAD  
 373. 110 117 208 FZ -87.71  
 374. LOAD COMB 7 SERVICIO

DXF IMPORT OF MODELO TORRE AJ-60-90TELCEL.DXF

-- PAGE NO. 8

375. 1 0.75 2 0.75 3 0.75 4 0.75 5 0.75 6 0.75  
 376. LOAD COMB 8 WTOTAL  
 377. 2 1.0 3 1.0 4 1.0 5 1.0 6 1.0  
 378. PERFORM ANALYSIS

-----  
 P R O B L E M   S T A T I S T I C S  
 -----

NUMBER OF JOINTS	267	NUMBER OF MEMBERS	591
NUMBER OF PLATES	0	NUMBER OF SOLIDS	0
NUMBER OF SURFACES	0	NUMBER OF SUPPORTS	3

SOLVER USED IS THE OUT-OF-CORE BASIC SOLVER

ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH=	255/	13/	84 DOF
TOTAL PRIMARY LOAD CASES =	6,	TOTAL DEGREES OF FREEDOM =	1584
TOTAL LOAD COMBINATION CASES =	2	SO FAR.	
SIZE OF STIFFNESS MATRIX =	134	DOUBLE	KILO-WORDS
REQD/AVAIL. DISK SPACE =	14.5/	3206.9	MB

379. PARAMETER 1  
 380. CODE AISC  
 381. RY 0.85 MEMB 1 TO 3 34 TO 92 94 TO 98 100 TO 143 203 206 TO 208 210 TO 212 -  
 382. 215 216 219 TO 222 224 TO 226 229 TO 232 236 237 240 TO 293 297 TO 308 310 -  
 383. 311 TO 317 319 320 323 TO 328 331 TO 334 337 338 340 TO 345 347 348 350 351 -  
 384. 353 TO 360 364 365 390 TO 397 400 TO 406 408 TO 415 417 419 TO 530 -  
 385. 555 TO 581 583 TO 588  
 386. KZ 0.85 MEMB 1 TO 3 34 TO 92 94 TO 98 100 TO 143 203 206 TO 208 210 TO 212 -  
 387. 215 216 219 TO 222 224 TO 226 229 TO 232 236 237 240 TO 293 297 TO 308 310 -  
 388. 311 TO 317 319 320 323 TO 328 331 TO 334 337 338 340 TO 345 347 348 350 351 -  
 389. 353 TO 360 364 365 390 TO 397 400 TO 406 408 TO 415 417 419 TO 530 -  
 390. 555 TO 581 583 TO 588  
 391. RATIO 1.05 MEMB 1 TO 92 94 TO 98 100 TO 234 236 TO 588  
 392. LOAD LIST 7  
 393. CHECK CODE MEMB 1 TO 92 94 TO 98 100 TO 234 236 TO 588

STAAD.Pro CODE CHECKING - (AISC 9TH EDITION) v1.0  
\*\*\*\*\*

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
1	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.104	7
		4.04 C	3.98	0.59	0.00
2	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.287	7
		112.50 C	7.64	0.69	0.00
3	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.187	7
		22.86 T	7.77	0.78	1.79
4	ST F18003		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-3	0.025	7
		59.37 C	-5.55	-1.84	1.50
5	ST P48HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.144	7
		3870.14 T	14.12	8.37	2.00
6	ST F108CH80		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.402	7
		47797.82 T	873.86	625.97	0.00
7	ST F18003		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.213	7
		1528.72 T	-27.39	5.62	0.00
8	ST F18003		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-3	0.034	7
		96.18 C	0.06	7.53	1.50
9	ST P48HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.311	7
		7693.40 C	-9.39	-13.60	2.00
10	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.402	7
		44313.51 T	160.36	105.20	1.50
11	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.371	7
		40365.26 T	187.90	98.54	1.50
12	ST F108CH80		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.311	7
		46378.08 T	139.45	136.71	0.00
13	ST F108CH80		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.690	7
		102042.27 C	0.07	-251.17	0.00
14	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.389	7
		42495.60 T	174.55	117.52	0.00
15	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.847	7
		93024.41 C	0.25	-214.18	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
16	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.759	7
		83629.17 C	1.23	-174.23	1.50
17	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.335	7
		36577.73 T	136.31	123.16	2.00
18	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.349	7
		38311.39 T	162.76	78.15	1.50
19	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.313	7
		33565.90 T	193.06	96.11	2.00
20	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.299	7
		32097.79 T	176.01	107.44	2.00
21	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.677	7
		72921.73 C	0.24	-202.54	2.00
22	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.275	7
		28931.74 T	188.52	125.90	0.00
23	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.377	7
		27103.53 T	187.71	123.57	0.00
24	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.584	7
		62061.29 C	-4.02	-243.26	0.00
25	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.681	7
		50388.12 C	-0.29	-138.19	2.00
26	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.311	7
		23513.86 T	103.52	61.37	0.00
27	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.287	7
		21458.05 T	108.16	58.66	2.00
28	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.230	7
		17042.74 T	89.78	58.96	2.00
29	ST P68HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.435	7
		20669.93 C	22.48	-39.82	2.00
30	ST P48HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.284	7
		7274.15 T	43.15	-1.51	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
31	ST P68HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.218	7
		9819.45 T	-85.19	25.62	2.00
32	ST P68HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.301	7
		14615.89 T	54.45	56.26	0.00
33	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.502	7
		36742.84 C	-5.43	-130.16	2.00
34	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.457	7
		121.37 C	55.23	1.02	0.00
35	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.402	7
		156.45 T	-51.90	0.81	0.00
36	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.371	7
		4.61 T	48.14	0.63	0.00
37	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.439	7
		39.05 C	-55.28	1.01	0.00
38	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.402	7
		71.44 T	51.82	0.82	0.00
39	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.372	7
		94.59 T	-48.20	0.62	0.00
40	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.360	7
		20.34 C	46.18	0.57	0.00
41	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.331	7
		206.27 T	-43.25	0.36	0.00
42	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.385	7
		135.62 T	-47.60	2.02	0.00
43	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.396	7
		106.27 T	49.06	2.04	0.00
44	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.300	7
		6.86 C	62.04	3.88	2.81
45	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.285	7
		19.70 T	-60.23	3.46	2.72

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
46	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.273	7
		84.55 T	58.34	3.36	2.63
47	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.324	7
		109.03 C	-62.17	3.88	2.81
48	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.284	7
		123.48 T	60.09	3.45	2.72
49	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.279	7
		24.02 C	-58.50	3.37	2.63
50	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.255	7
		82.15 T	55.05	3.21	2.54
51	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.251	7
		22.07 C	-54.06	3.04	2.45
52	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.241	7
		77.65 T	52.95	2.83	2.37
53	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.262	7
		31.58 C	-55.23	3.21	2.54
54	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.247	7
		96.92 T	53.86	3.04	2.45
55	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.251	7
		53.30 C	-53.20	2.84	2.37
56	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.341	7
		138.25 T	40.44	1.67	2.28
57	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.351	7
		57.87 C	-39.88	1.72	2.20
58	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.318	7
		124.01 T	38.74	1.54	2.12
59	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.342	7
		10.14 T	-40.56	1.67	2.28
60	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.332	7
		84.06 T	39.72	1.72	2.20

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
61	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.327	7
		26.74 C	-38.92	1.54	2.12
62	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.311	7
		117.87 T	38.39	1.45	2.03
63	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.305	7
		15.44 C	-37.49	1.38	1.95
64	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.288	7
		130.43 T	36.15	1.15	1.87
65	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.324	7
		42.02 C	-38.62	1.45	2.03
66	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.299	7
		155.72 T	37.25	1.38	1.95
67	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.305	7
		68.12 C	-36.41	1.16	1.87
68	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.261	7
		72.21 T	32.30	1.31	1.80
69	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.256	7
		120.23 T	-30.77	1.81	1.72
70	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.257	7
		602.74 T	28.05	0.24	1.65
71	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.310	7
		480.81 C	-25.77	2.22	1.58
72	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.228	7
		578.16 T	23.14	0.75	1.51
73	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.289	7
		569.06 C	-23.40	1.35	1.44
74	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.419	7
		731.91 T	14.01	0.52	1.17
75	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.329	7
		203.97 T	-15.11	-0.06	1.17

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
76	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.314	7
		6.40 C	15.58	0.37	1.17
77	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.316	7
		70.79 T	-15.47	0.11	1.17
78	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.288	7
		99.27 C	-33.08	1.29	1.80
79	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.289	7
		415.35 T	32.57	1.70	1.72
80	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.343	7
		475.75 C	-32.95	0.33	1.65
81	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.272	7
		798.00 T	23.06	2.28	1.58
82	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.237	7
		246.66 C	-24.57	0.71	1.51
83	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.214	7
		403.04 T	22.62	1.27	1.44
84	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.403	7
		145.87 C	-17.04	0.50	1.17
85	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.379	7
		233.79 T	17.51	-0.01	1.17
86	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.341	7
		10.53 T	-16.73	0.38	1.17
87	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.326	7
		75.76 T	15.96	0.10	1.17
88	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.555	7
		177.97 T	72.69	-0.34	0.00
89	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.555	7
		118.69 T	-72.94	-0.31	0.00
90	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.560	7
		15.20 C	72.91	-0.41	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
91	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.577	7
		97.51 C	-72.98	-0.41	0.00
92	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.549	7
		178.66 T	71.85	-0.44	0.00
94	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.544	7
		114.85 T	70.76	-0.63	0.00
95	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.544	7
		24.86 T	-70.84	-0.62	0.00
96	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.526	7
		223.74 T	68.63	-0.56	0.00
97	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.529	7
		116.78 T	68.75	0.78	0.00
98	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.548	7
		1.80 C	-71.03	-0.73	0.00
100	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.280	7
		28.22 T	62.01	1.85	0.00
101	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.296	7
		73.96 C	-62.14	1.85	0.00
102	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.266	7
		155.22 T	60.05	1.40	0.00
103	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.266	7
		51.43 T	-60.19	1.40	0.00
104	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.254	7
		113.93 T	58.30	1.16	0.00
105	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.254	7
		5.37 T	-58.45	1.16	0.00
106	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.236	7
		109.22 T	55.00	0.98	0.00
107	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.238	7
		4.51 C	-55.18	0.98	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
108	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.230	7
		121.67 T	53.61	0.77	0.00
109	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.231	7
		2.69 T	-54.01	0.77	0.00
110	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.224	7
		100.11 T	52.90	0.53	0.00
111	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.230	7
		30.85 C	-53.15	0.54	0.00
112	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.316	7
		151.60 T	40.40	0.17	0.00
113	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.317	7
		23.48 T	-40.53	0.18	0.00
114	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.307	7
		96.48 T	39.69	0.16	0.00
115	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.321	7
		45.46 C	-39.84	0.16	0.00
116	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.294	7
		134.98 T	38.70	0.04	0.00
117	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.299	7
		15.77 C	-38.88	0.04	0.00
118	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.291	7
		127.60 T	38.25	-0.10	0.00
119	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.300	7
		32.30 C	-38.59	-0.10	0.00
120	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.283	7
		164.46 T	37.21	-0.12	0.00
121	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.286	7
		6.72 C	-37.45	-0.11	0.00
122	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.276	7
		137.89 T	36.11	-0.24	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
123	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.291	7
		60.66 C	-36.37	-0.23	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
124	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.260	7
		77.62 T	32.23	-1.06	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
125	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.284	7
		93.85 C	-33.00	-1.08	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
126	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.267	7
		422.96 T	32.52	0.16	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
127	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.235	7
		127.67 T	-30.71	0.28	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
128	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.267	7
		605.87 T	29.00	-1.21	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
129	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.349	7
		473.43 C	-32.91	-1.13	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
130	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.247	7
		803.46 T	22.95	-0.66	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
131	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.284	7
		475.00 C	-25.66	-0.71	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
132	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.228	7
		580.54 T	23.07	-0.95	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
133	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.240	7
		244.33 C	-24.51	-0.99	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
134	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.209	7
		405.36 T	22.53	-1.20	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
135	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.281	7
		567.01 C	-23.32	-1.12	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
136	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.414	7
		735.18 T	14.00	0.39	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
137	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-3	0.398	7
		142.49 C	-17.04	0.37	0.00	

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
138	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.380	7
		235.24 T	17.51	0.03	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
139	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.328	7
		205.65 T	-15.12	-0.01	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
140	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-3	0.310	7
		3.47 C	15.58	0.26	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
141	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.336	7
		13.43 T	-16.73	0.26	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
142	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.329	7
		77.94 T	15.95	0.18	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
143	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.319	7
		72.96 T	-15.47	0.19	0.00	
			(UPT)			
144	ST	P18003	PASS	AISC- H2-1	0.022	7
		64.82 T	4.83	0.79	1.50	
			(UPT)			
145	ST	P18003	PASS	AISC- H2-1	0.055	7
		307.67 T	8.26	4.15	1.50	
			(UPT)			
146	ST	P18003	PASS	AISC- H2-1	0.055	7
		157.70 T	-11.35	5.11	0.00	
			(UPT)			
147	ST	P18003	PASS	AISC- H2-1	0.061	7
		389.64 T	8.30	3.76	0.00	
			(UPT)			
148	ST	P18003	PASS	AISC- H2-1	0.125	7
		595.90 T	21.99	-7.69	0.00	
			(UPT)			
149	ST	P18003	PASS	AISC- H2-1	0.148	7
		1475.90 T	-9.69	-2.87	0.00	
			(UPT)			
150	ST	P48HC40	PASS	AISC- H2-1	0.195	7
		5339.52 T	18.16	7.30	0.00	
			(UPT)			
151	ST	P48HC40	PASS	AISC- H2-1	0.148	7
		3386.50 T	33.82	5.22	2.00	
			(UPT)			
152	ST	P48HC40	PASS	AISC- H2-1	0.185	7
		5312.39 T	-3.62	11.24	0.00	

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
153	ST P68HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.194	7
		9283.73 T	11.70	54.76	0.00
154	ST P68HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.245	7
		11649.31 T	72.95	-5.64	0.00
155	ST P48HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.297	7
		7403.36 T	50.78	5.39	2.00
156	ST P68HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.272	7
		11907.65 T	123.98	22.08	2.00
157	ST P68HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.322	7
		14640.17 T	122.66	22.37	0.00
158	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.227	7
		16974.77 T	84.00	53.50	0.00
159	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.260	7
		19251.72 T	109.11	57.08	0.00
160	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.261	7
		19304.77 T	109.62	57.09	2.00
161	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.288	7
		21503.53 T	109.20	58.71	0.00
162	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.311	7
		23467.78 T	104.07	61.84	2.00
163	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.334	7
		25319.53 T	118.39	46.82	0.00
164	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.335	7
		25362.66 T	119.55	46.86	2.00
165	ST P88HC40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.376	7
		27144.60 T	179.00	123.68	2.00
166	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.275	7
		28892.37 T	196.84	125.81	2.00
167	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.285	7
		30432.30 T	178.90	101.04	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
168	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.285	7
		30469.73 T	179.08	101.16	2.00
169	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.300	7
		32133.66 T	176.58	107.57	0.00
170	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.313	7
		33531.46 T	192.77	96.01	0.00
171	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.326	7
		35100.96 T	189.68	103.78	2.00
172	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.327	7
		35134.09 T	190.31	103.88	0.00
173	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.357	7
		38190.84 T	228.50	112.78	0.00
174	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.377	7
		40485.58 T	230.25	114.58	0.00
175	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.390	7
		42307.43 T	209.78	104.04	0.00
176	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.409	7
		44433.47 T	214.89	106.47	0.00
177	ST F108CH80		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.308	7
		46141.98 T	176.74	-13.81	0.00
178	ST F108CH80		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.356	7
		47941.17 T	487.72	287.28	1.50
179	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.375	7
		12.72 T	-27.16	1.33	1.82
180	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.369	7
		12.79 C	2.6.58	0.69	0.00
181	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.350	7
		11.12 T	-25.28	1.45	1.75
182	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.332	7
		12.48 C	24.22	0.56	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
183	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.350	7
		11.10 T		25.24	1.44	1.75
				(EUROPEAN SECTIONS)		
184	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.332	7
		12.45 C		-24.25	0.55	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
185	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.374	7
		12.75 T		27.11	1.30	1.82
				(EUROPEAN SECTIONS)		
186	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.369	7
		12.69 C		-26.59	0.69	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
187	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.322	7
		10.83 T		23.43	1.37	1.69
				(EUROPEAN SECTIONS)		
188	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.300	7
		11.03 C		-22.34	0.41	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
189	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.323	7
		10.85 T		-23.48	1.38	1.69
				(EUROPEAN SECTIONS)		
190	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.300	7
		11.08 C		22.31	0.42	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
191	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.304	7
		9.85 T		-22.16	1.42	1.62
				(EUROPEAN SECTIONS)		
192	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.271	7
		10.70 C		20.45	0.29	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
193	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.303	7
		9.82 T		22.10	1.41	1.62
				(EUROPEAN SECTIONS)		
194	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.271	7
		10.64 C		-20.48	0.28	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
195	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.296	7
		8.99 T		21.81	1.37	1.56
				(EUROPEAN SECTIONS)		
196	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.254	7
		9.93 C		-19.61	0.17	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
197	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.297	7
		9.02 T		-21.87	1.39	1.56

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
198	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.254	7
		9.99 C		19.58	0.19	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
199	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.285	7
		8.46 T		21.02	1.32	1.50
				(EUROPEAN SECTIONS)		
200	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.234	7
		8.81 C		-18.27	0.14	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
201	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.296	7
		8.50 T		-21.08	1.34	1.50
				(EUROPEAN SECTIONS)		
202	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.234	7
		8.87 C		18.22	0.16	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
203	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.555	7
		166.78 T		72.90	0.42	1.90
				(UPT)		
204	ST	F108CH80	PASS	AISC- H2-1	0.399	7
		47821.97 T		828.74	625.95	1.50
				(UPT)		
205	ST	F108CH80	PASS	AISC- H2-1	0.357	7
		47917.02 T		507.86	287.40	0.00
				(EUROPEAN SECTIONS)		
206	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.556	7
		107.52 T		-72.95	0.45	1.90
				(EUROPEAN SECTIONS)		
207	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.453	7
		192.91 T		-56.29	2.22	1.82
				(EUROPEAN SECTIONS)		
208	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.453	7
		193.56 T		56.21	2.22	1.82
				(UPT)		
209	ST	F108CH80	PASS	AISC- H2-1	0.309	7
		46167.12 T		101.12	-13.74	1.50
				(EUROPEAN SECTIONS)		
210	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.449	7
		83.02 C		53.95	1.88	1.75
				(EUROPEAN SECTIONS)		
211	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.432	7
		0.69 C		-54.01	1.88	1.75
				(EUROPEAN SECTIONS)		
212	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.587	7
		108.38 C		-73.00	0.92	1.83

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
213	ST F10SCH80		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.311	7
		46352.94 T	139.33	136.82	1.50
214	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.402	7
		44339.79 T	160.46	105.43	0.00
215	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.413	7
		192.09 T	-50.93	2.19	1.69
216	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.551	7
		83.94 T	-71.93	0.66	1.77
217	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.409	7
		44407.18 T	214.50	106.49	1.50
218	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.390	7
		42334.97 T	210.05	104.01	1.50
219	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.544	7
		106.08 T	70.79	0.78	1.70
220	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.395	7
		37.82 T	48.87	2.03	1.62
221	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.396	7
		127.84 T	-48.98	2.04	1.62
222	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.545	7
		16.09 T	-70.87	0.78	1.70
223	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.388	7
		42468.06 T	174.15	117.46	1.50
224	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.396	7
		10.54 T	48.94	2.03	1.56
225	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.547	7
		93.89 T	-70.94	-0.74	1.56
226	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.548	7
		9.66 C	-71.05	0.78	1.64
227	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.377	7
		40456.61 T	230.64	114.48	1.50

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
228	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.349	7
		38280.89 T	160.46	78.11	0.00
229	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.386	7
		235.20 T	-47.70	2.02	1.50
230	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.330	7
		106.70 T	-43.18	0.36	1.58
231	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.528	7
		216.33 T	68.65	0.77	1.58
232	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.527	7
		124.19 T	68.73	-0.56	1.50
233	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.358	7
		38221.34 T	227.96	112.88	1.50
234	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.371	7
		40394.22 T	187.95	98.61	0.00
236	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.568	7
		26.08 C	72.93	0.92	1.83
237	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.551	7
		168.95 T	71.87	0.65	1.77
238	ST F10SCH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H2-1	0.335	7
		36609.68 T	136.63	123.26	0.00
239	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.887	7
		2508.42 C	1.79	2.28	0.00
240	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.582	7
		2304.79 C	0.62	1.33	0.00
241	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.284	7
		2441.87 T	3.63	0.38	1.83
242	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.611	7
		2542.01 C	3.51	2.25	0.00
243	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.301	7
		2278.86 T	8.38	0.52	1.70

ALL UNITS ARE - KG MERE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
244	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.286	7
		2274.91 T		6.23	0.52	1.77
			(EUROPEAN SECTIONS)			
245	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.571	7
		2467.64 C		4.63	2.24	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
246	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.310	7
		2276.67 T		9.74	0.52	1.64
			(EUROPEAN SECTIONS)			
247	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.544	7
		2449.67 C		5.36	2.13	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
248	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.522	7
		2447.29 C		5.59	2.07	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
249	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.299	7
		2149.52 T		10.30	0.40	1.58
			(EUROPEAN SECTIONS)			
250	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.297	7
		2116.27 T		35.13	2.16	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
251	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.640	7
		2177.80 C		16.60	5.80	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
252	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.603	7
		2201.60 C		16.51	5.25	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
253	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.284	7
		1995.92 T		34.23	2.03	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
254	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.553	7
		2147.22 C		16.03	5.16	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
255	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.278	7
		1988.20 T		33.07	1.88	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
256	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.512	7
		2118.27 C		15.89	4.92	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
257	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.273	7
		1971.25 T		32.47	1.69	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
258	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.477	7
		2102.94 C		15.97	4.72	0.00

ALL UNITS ARE - KG MERE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
259	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.269	7
		1949.25 T		32.20	1.50	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
260	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.449	7
		2103.33 C		16.33	4.47	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
261	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.270	7
		1969.10 T		32.41	1.36	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
262	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.856	7
		2047.41 C		7.74	2.51	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
263	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.309	7
		1874.59 T		14.65	1.05	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
264	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.813	7
		2075.08 C		7.81	2.88	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
265	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.320	7
		1974.09 T		15.59	0.64	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
266	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.757	7
		2102.40 C		8.28	2.61	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
267	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.324	7
		1961.55 T		16.45	0.56	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
268	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.703	7
		2114.71 C		8.37	2.55	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
269	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.328	7
		1995.49 T		16.75	0.47	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
270	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.664	7
		2170.07 C		8.45	2.42	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
271	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.328	7
		1995.34 T		16.91	0.40	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
272	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.612	7
		2163.92 C		8.57	2.26	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)			
273	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.331	7
		2046.10 T		17.06	0.17	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
			(EUROPEAN SECTIONS)		
274	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.578
		2198.19 C		7.87	2.37
					0.00
275	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.346
		2190.55 T		16.70	0.33
					0.00
276	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.622
		2501.09 C		8.30	2.71
					0.00
277	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.311
		1959.73 T		15.36	0.24
					0.00
278	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.220
		917.19 T		17.18	-0.69
					0.00
279	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.201
		1163.08 T		9.61	1.03
					0.00
280	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.193
		1019.31 T		11.91	0.45
					0.00
281	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.139
		646.46 T		9.65	0.41
					0.00
282	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.245
		1053.11 T		1.98	0.56
					1.17
283	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.233
		553.62 T		6.04	0.47
					0.00
284	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-3	0.146
		20.67 C		6.46	-0.32
					0.00
285	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.181
		155.41 T		7.14	0.38
					0.00
286	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-3	0.088
		2.94 C		4.07	0.28
					0.00
287	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-1	0.261
		373.77 C		6.19	0.09
					0.00
288	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-1	0.278
		368.34 C		6.59	0.53
					0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
			(EUROPEAN SECTIONS)		
289	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-1	0.470
		780.86 C		7.20	-0.44
					0.00
290	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.299
		1196.94 C		15.59	0.85
					0.00
291	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-3	0.242
		785.57 C		15.45	0.02
					0.00
292	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.202
		1056.15 C		15.62	-0.14
					0.00
293	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.360
		1377.26 C		16.02	0.76
					0.00
294	ST	F108CH80	PASS	AISC- H1-1	0.745
		106219.95 C		-10.14	-591.39
					1.50
295	ST	F108CH40	PASS	AISC- H1-1	0.888
		97581.87 C		0.12	-223.92
					1.50
296	ST	F108CH40	PASS	AISC- H1-1	0.806
		88449.45 C		0.04	-214.65
					1.50
297	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.261
		2054.75 T		-0.50	3.07
					1.82
298	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.543
		2275.72 C		-2.26	-1.02
					1.52
299	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.565
		2479.03 C		-3.93	-0.83
					1.17
300	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.291
		2467.15 T		-1.16	1.89
					1.75
301	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.561
		2514.60 C		-6.50	-0.77
					1.27
302	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.282
		2298.70 T		-1.98	2.12
					1.69
303	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.534
		2441.62 C		-8.56	-0.65
					1.35

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
304	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.284	7
		2301.06 T	-2.54	1.93	1.62	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
305	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.517	7
		2424.01 C	-9.93	-0.54	1.43	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
306	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.285	7
		2297.17 T	-2.89	1.88	1.56	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
307	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.496	7
		2424.00 C	-9.97	-0.44	1.37	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
308	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.270	7
		2167.79 T	-2.97	1.75	1.50	
			(UPT)			
309	ST	P108CH40	PASS	AISC- H1-1	0.742	7
		79653.81 C	0.23	-236.47	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
310	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.622	7
		2130.29 C	-35.20	2.08	2.70	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
311	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.244	7
		2162.90 T	-17.52	3.32	2.70	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
312	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.231	7
		2040.37 T	-17.09	3.04	2.61	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
313	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.588	7
		2156.31 C	-34.49	1.74	2.61	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
314	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.542	7
		2104.49 C	-34.20	1.55	2.53	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
315	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.227	7
		2029.95 T	-16.81	2.73	2.53	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
316	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.507	7
		2077.97 C	-34.45	1.38	2.44	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
317	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.224	7
		2010.54 T	-16.83	2.51	2.44	
			(UPT)			
318	ST	P108CH40	PASS	AISC- H1-1	0.713	7
		76325.62 C	0.08	-251.81	2.00	

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
319	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.480	7
		2064.87 C	-35.32	1.23	2.35	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
320	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.221	7
		1986.08 T	-17.08	2.24	2.35	
			(UPT)			
321	ST	P108CH40	PASS	AISC- H1-1	0.647	7
		69434.25 C	0.23	-213.17	2.00	
			(UPT)			
322	ST	P108CH40	PASS	AISC- H1-1	0.615	7
		65851.06 C	0.20	-213.04	2.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
323	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.461	7
		2067.49 C	-36.93	0.95	2.26	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
324	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.224	7
		2003.70 T	-17.73	2.17	2.26	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
325	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.272	7
		1896.87 T	-8.21	1.37	2.18	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
326	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.780	7
		2024.46 C	-17.60	0.41	2.18	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
327	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.743	7
		2053.53 C	-18.30	0.49	2.09	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
328	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.283	7
		1994.50 T	-8.75	1.13	2.09	
			(UPT)			
329	ST	P88HC40	PASS	AISC- H1-1	0.808	7
		58361.27 C	-4.21	-255.88	2.00	
			(UPT)			
330	ST	P88HC40	PASS	AISC- H1-1	0.732	7
		54445.94 C	-0.09	-131.40	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
331	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.282	7
		1980.76 T	-9.06	1.06	2.01	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
332	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.699	7
		2082.11 C	-18.74	0.37	2.01	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
333	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.653	7
		2095.55 C	-18.91	0.24	1.92	

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
334	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.284	7
		2013.38 T	-9.18	0.90	1.92
			(UPT)		
335	ST	P88HC40	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.622	7
		46084.70 C	1.11	-123.27	2.00
			(UPT)		
336	ST	P88HC40	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.562	7
		41440.97 C	-5.09	-124.05	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
337	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.286	7
		2011.95 T	-9.45	0.91	1.84
			(EUROPEAN SECTIONS)		
338	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.625	7
		2152.28 C	-19.18	0.18	1.84
			(UPT)		
339	ST	P68HC40	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.667	7
		31533.10 C	22.12	-72.27	2.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
340	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.292	7
		2205.42 T	-9.20	0.04	1.68
			(EUROPEAN SECTIONS)		
341	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.561	7
		2181.31 C	-17.24	-0.56	1.68
			(EUROPEAN SECTIONS)		
342	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.616	7
		2486.88 C	-20.02	0.79	1.60
			(EUROPEAN SECTIONS)		
343	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.279	7
		1971.11 T	-9.84	0.54	1.60
			(EUROPEAN SECTIONS)		
344	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.343	7
		1393.62 C	-8.02	1.60	1.65
			(EUROPEAN SECTIONS)		
345	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.155	7
		929.61 T	-7.83	-0.44	1.52
			(UPT)		
346	ST	P68HC40	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.548	7
		25930.46 C	-36.12	-51.51	2.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
347	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.257	7
		1070.85 C	-5.05	2.19	1.58
			(EUROPEAN SECTIONS)		
348	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.181	7
		1173.78 T	-6.99	-1.00	1.45

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
349	ST	P48HC40	(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.645	7
		16000.92 C	-10.57	-25.26	2.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
350	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.204	7
		799.71 C	-5.16	2.08	1.51
			(EUROPEAN SECTIONS)		
351	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.173	7
		1028.79 T	-7.95	-1.02	1.38
			(UPT)		
352	ST	P48HC40	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.462	7
		11687.55 C	-5.98	-11.18	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
353	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.253	7
		1208.39 C	-5.15	1.30	1.44
			(EUROPEAN SECTIONS)		
354	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.114	7
		654.63 T	-5.71	0.48	1.31
			(EUROPEAN SECTIONS)		
355	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.349	7
		788.45 C	-1.35	0.11	1.17
			(EUROPEAN SECTIONS)		
356	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.262	7
		1056.79 T	2.02	0.92	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
357	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.235	7
		372.73 C	-3.20	0.96	1.17
			(EUROPEAN SECTIONS)		
358	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.166	7
		557.23 T	-2.67	0.42	1.17
			(EUROPEAN SECTIONS)		
359	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.206	7
		380.67 C	-2.45	-0.20	1.17
			(EUROPEAN SECTIONS)		
360	ST	L40X40X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.074	7
		13.90 C	-3.36	0.13	1.17
			(UPT)		
361	ST	P18003	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.163	7
		1223.17 C	5.30	14.35	1.50
			(UPT)		
362	ST	P18003	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.407	7
		3811.88 C	-13.61	-13.84	1.50
			(UPT)		
363	ST	P18003	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.083	7
		376.80 C	-2.47	-14.04	1.50

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
			(EUROPEAN SECTIONS)		
364	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-3	0.084
		8.45 C	-3.34	0.53	1.17
			(EUROPEAN SECTIONS)		
365	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.077
		160.49 T	-2.52	0.02	1.17
			(EUROPEAN SECTIONS)		
366	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.034
		11.99 T	-0.36	1.08	1.82
			(EUROPEAN SECTIONS)		
367	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.047
		16.49 C	0.59	1.40	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
368	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.035
		13.13 T	-1.66	-0.52	1.36
			(EUROPEAN SECTIONS)		
369	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.025
		8.96 C	0.35	0.70	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
370	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.065
		11.54 T	-3.91	0.65	1.75
			(EUROPEAN SECTIONS)		
371	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.046
		10.42 C	2.53	0.30	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
372	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.043
		11.17 T	-0.05	1.59	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
373	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.061
		12.91 C	1.40	1.74	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
374	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.084
		10.90 T	-5.59	0.63	1.69
			(EUROPEAN SECTIONS)		
375	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.063
		9.18 C	4.17	0.21	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
376	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.045
		5.76 T	-0.05	1.67	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
377	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.072
		13.24 C	2.23	1.81	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
378	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.095
		10.33 T	-6.62	0.57	1.62

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
			(EUROPEAN SECTIONS)		
379	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.079
		8.06 C	5.61	0.16	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
380	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.099
		9.68 T	-7.14	0.51	1.56
			(EUROPEAN SECTIONS)		
381	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.087
		7.33 C	6.48	0.12	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
382	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.046
		9.13 T	-0.05	1.72	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
383	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.078
		12.53 C	2.78	1.81	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
384	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.045
		8.44 T	-0.05	1.69	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
385	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.080
		11.92 C	3.08	1.78	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
386	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.099
		8.62 T	-7.10	0.52	1.50
			(EUROPEAN SECTIONS)		
387	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.090
		6.96 C	6.90	-0.05	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
388	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H2-1	0.046
		10.04 T	-3.32	-0.21	1.50
			(EUROPEAN SECTIONS)		
389	ST	L50X50X5	PASS	AISC- H1-3	0.080
		11.43 C	3.15	1.62	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
390	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.583
		2290.76 C	0.54	1.53	1.90
			(EUROPEAN SECTIONS)		
391	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.257
		2065.78 T	-0.49	2.79	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
392	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.287
		2449.57 T	3.64	0.52	0.00
			(EUROPEAN SECTIONS)		
393	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.576
		2266.22 C	-6.16	1.54	1.82

ALL UNITS ARE - KG MERE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
394	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.288	7
		2281.90 T	6.26	0.57	0.00
395	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.598	7
		2504.73 C	-10.59	1.37	1.69
396	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.590	7
		2530.69 C	2.17	1.89	0.00
397	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.290	7
		2306.32 T	-1.99	2.59	0.00
398	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.892	7
		97680.48 C	0.02	-255.14	1.50
399	ST F108CH80		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.679	7
		102164.95 C	1.19	-109.89	0.00
400	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.620	7
		2496.02 C	1.39	2.28	0.00
401	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.295	7
		2475.10 T	-1.16	2.09	0.00
402	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.600	7
		2467.99 C	-8.31	1.29	1.75
403	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.302	7
		2285.25 T	8.42	0.55	0.00
404	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.565	7
		2432.82 C	-11.60	1.39	1.62
405	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.547	7
		2456.88 C	2.58	1.88	0.00
406	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.293	7
		2307.76 T	-2.55	2.53	0.00
407	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.846	7
		93122.16 C	0.26	-201.37	0.00
408	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.311	7
		2282.41 T	9.79	0.53	0.00

ALL UNITS ARE - KG MERE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
409	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.539	7
		2416.03 C	-11.65	1.34	1.56
410	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.517	7
		2438.56 C	2.82	1.77	0.00
411	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.296	7
		2303.04 T	-2.90	2.58	0.00
412	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.299	7
		2154.31 T	10.35	0.31	0.00
413	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.518	7
		2416.27 C	-11.04	1.43	1.50
414	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.495	7
		2437.63 C	2.87	1.78	0.00
415	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.283	7
		2172.81 T	-2.99	2.59	0.00
416	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.807	7
		88546.50 C	0.18	-216.90	1.50
417	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.233	7
		2034.74 T	0.15	1.45	0.00
418	ST F108CH40		(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.764	7
		83725.75 C	-0.17	-209.82	1.50
419	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.597	7
		2365.06 C	-0.62	1.31	0.00
420	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.292	7
		2525.52 T	-3.67	0.35	1.83
421	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.632	7
		2628.40 C	-3.58	2.26	0.00
422	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.310	7
		2370.30 T	-8.41	0.49	1.70
423	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.565	7
		2545.97 C	-5.41	2.13	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
424	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.310	7
		2249.26 T	-10.19	-0.60	0.79	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
425	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.648	7
		2592.06 C	-1.84	2.29	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
426	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.295	7
		2361.29 T	-6.28	0.49	1.77	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
427	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.592	7
		2559.09 C	-4.69	2.24	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
428	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.320	7
		2374.00 T	-9.78	0.49	1.64	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
429	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.542	7
		2548.56 C	-5.66	2.07	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
430	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.304	7
		2220.12 T	-35.23	2.09	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
431	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.630	7
		2307.03 C	-16.59	5.32	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
432	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.285	7
		2098.54 T	-33.15	1.81	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
433	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.537	7
		2233.85 C	-15.99	4.99	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
434	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.277	7
		2070.20 T	-32.33	1.42	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
435	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.474	7
		2236.51 C	-16.49	4.54	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
436	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.323	7
		2004.43 T	-14.81	1.02	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
437	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.878	7
		2219.58 C	-7.95	2.94	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
438	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.339	7
		2115.86 T	-16.56	0.50	0.00	

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
439	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.760	7
		2283.35 C	-8.47	2.61	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
440	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.346	7
		2172.64 T	-17.03	0.32	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
441	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.655	7
		2315.37 C	-8.79	2.36	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
442	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.356	7
		2261.13 T	-17.12	0.32	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
443	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.586	7
		2417.31 C	-7.11	2.32	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
444	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.369	7
		2422.22 T	-16.65	0.29	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
445	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.584	7
		2693.18 C	-7.75	2.07	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
446	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.267	7
		1565.82 T	-14.96	-0.24	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
447	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.365	7
		1785.52 C	-6.94	1.42	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
448	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.358	7
		1494.37 T	-4.36	0.33	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
449	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-1	0.358	7
		710.22 C	-3.41	0.23	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
450	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H2-1	0.196	7
		224.59 T	-7.03	0.50	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
451	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-3	0.133	7
		195.94 C	-2.69	0.05	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
452	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-3	0.065	7
		30.45 C	-2.46	0.19	0.00	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
453	ST	L40X40X5	PASS	AISC- H1-3	0.184	7
		137.80 C	-6.31	0.19	0.00	

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
454	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.122	7
		221.02 T	-4.13	-0.14	0.00
* 455	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	1.126	7
		2161.89 C	-7.56	0.41	0.00
456	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.279	7
		2014.95 T	5.92	2.08	1.31
457	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.413	7
		1929.31 C	-14.61	0.31	0.00
458	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.290	7
		2133.85 T	5.04	2.42	1.45
459	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.491	7
		2140.92 C	-16.39	-0.11	0.00
460	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.337	7
		2544.83 T	5.53	2.47	1.60
461	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.613	7
		2534.97 C	-15.13	-0.35	0.14
462	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.309	7
		2283.25 T	-9.17	0.67	0.00
463	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.662	7
		2326.41 C	-18.92	0.13	0.00
464	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.300	7
		2172.21 T	-9.84	0.98	0.00
465	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.737	7
		2232.79 C	-18.43	0.29	0.00
466	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.297	7
		2138.77 T	-8.47	1.20	0.00
467	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.819	7
		2154.72 C	-17.39	0.34	0.00
468	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.234	7
		2137.15 T	-17.61	2.28	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
469	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.499	7
		2185.88 C	-35.15	1.15	0.00
470	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.232	7
		2126.12 T	-16.60	2.59	0.00
471	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.562	7
		2214.82 C	-33.97	1.47	0.00
472	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.238	7
		2145.77 T	-16.87	3.12	0.00
473	ST L80X80X6		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.644	7
		2234.06 C	-34.99	2.01	0.00
474	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.267	7
		2114.94 T	0.44	3.12	1.82
475	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.558	7
		2338.34 C	-0.61	1.79	0.00
476	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.300	7
		2548.04 T	-2.36	1.36	0.00
477	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.583	7
		2562.66 C	3.88	-0.85	1.17
478	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.291	7
		2385.08 T	1.91	2.15	1.69
479	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.579	7
		2600.99 C	6.43	-0.79	1.27
480	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.293	7
		2392.50 T	2.46	1.96	1.62
481	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.552	7
		2533.06 C	8.49	-0.68	1.35
482	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.295	7
		2394.51 T	2.80	1.92	1.56
483	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.535	7
		2521.30 C	9.84	-0.58	1.43

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
484	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.281	7
		2268.96 T		2.89	1.79	1.50
			(EUROPEAN SECTIONS)			
485	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.514	7
		2525.26 C		9.88	-0.48	1.37
			(EUROPEAN SECTIONS)			
486	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.251	7
		2266.75 T		17.32	3.39	2.70
			(EUROPEAN SECTIONS)			
487	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.670	7
		2281.58 C		16.70	5.87	2.81
			(EUROPEAN SECTIONS)			
488	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.291	7
		2101.32 T		34.30	1.96	2.72
			(EUROPEAN SECTIONS)			
489	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.608	7
		2261.74 C		34.27	1.67	2.61
			(EUROPEAN SECTIONS)			
490	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.235	7
		2140.29 T		16.58	2.81	2.53
			(EUROPEAN SECTIONS)			
491	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.579	7
		2257.54 C		16.11	5.23	2.63
			(EUROPEAN SECTIONS)			
492	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.281	7
		2086.83 T		32.56	1.62	2.54
			(EUROPEAN SECTIONS)			
493	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.526	7
		2193.56 C		34.23	1.29	2.44
			(EUROPEAN SECTIONS)			
494	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.230	7
		2107.02 T		16.90	2.33	2.35
			(EUROPEAN SECTIONS)			
495	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.502	7
		2223.95 C		16.10	4.80	2.45
			(EUROPEAN SECTIONS)			
496	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H2-1	0.280	7
		2102.54 T		32.59	1.29	2.37
			(EUROPEAN SECTIONS)			
497	ST	L80X80X6	PASS	AISC- H1-1	0.481	7
		2200.68 C		36.83	0.84	2.26
			(EUROPEAN SECTIONS)			
498	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.285	7
		2026.72 T		8.00	1.44	2.18

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
			(EUROPEAN SECTIONS)			
499	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.921	7
		2177.65 C		7.51	2.55	2.28
			(EUROPEAN SECTIONS)			
500	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.335	7
		2118.35 T		15.73	0.58	2.20
			(EUROPEAN SECTIONS)			
501	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.783	7
		2198.04 C		18.04	0.43	2.09
			(EUROPEAN SECTIONS)			
502	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.297	7
		2135.08 T		8.75	1.13	2.01
			(EUROPEAN SECTIONS)			
503	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.814	7
		2253.08 C		8.37	2.67	2.12
			(EUROPEAN SECTIONS)			
504	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.344	7
		2154.33 T		16.85	0.41	2.03
			(EUROPEAN SECTIONS)			
505	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.692	7
		2264.22 C		18.59	0.17	1.92
			(EUROPEAN SECTIONS)			
506	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.304	7
		2189.27 T		9.13	1.01	1.84
			(EUROPEAN SECTIONS)			
507	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.717	7
		2344.20 C		8.55	2.47	1.95
			(EUROPEAN SECTIONS)			
508	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.355	7
		2267.58 T		17.31	0.14	1.87
			(EUROPEAN SECTIONS)			
509	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.617	7
		2298.17 C		19.10	0.02	1.76
			(EUROPEAN SECTIONS)			
510	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.294	7
		2274.96 T		7.14	0.64	1.68
			(EUROPEAN SECTIONS)			
511	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.673	7
		2550.62 C		8.78	2.52	1.80
			(EUROPEAN SECTIONS)			
512	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H2-1	0.367	7
		2534.64 T		15.10	-0.10	1.72
			(EUROPEAN SECTIONS)			
513	ST	L65X65X5	PASS	AISC- H1-1	0.579	7
		2401.33 C		17.67	-0.47	1.60

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
514	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.309	7
	2430.33 T	-4.26		1.97	0.00
515	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.520	7
	2155.15 C	8.96		2.61	1.65
516	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.317	7
	2126.92 T	14.04		-0.07	1.58
517	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.551	7
	2678.32 C	14.62		0.02	1.45
518	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.224	7
	1571.58 T	-4.35		2.17	0.00
519	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.429	7
	1943.47 C	8.64		2.13	1.51
520	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.296	7
	2007.11 T	11.91		0.47	1.44
521	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.412	7
	1772.86 C	17.36		-1.32	1.31
522	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.334	7
	1498.33 T	2.58		0.56	1.17
* 523	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		FAIL	AISC- H1-1	1.139	7
	2166.61 C	4.15		0.78	1.17
524	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.199	7
	214.70 T	7.36		-0.65	1.17
525	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.416	7
	702.52 C	7.08		0.12	1.17
526	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.111	7
	229.62 T	3.09		0.27	1.17
527	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.155	7
	142.79 C	4.21		0.51	1.17
528	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.156	7
	36.16 C	7.08		-0.12	1.17

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
529	ST L40X40X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.168	7
	189.74 C	3.57		0.46	1.17
530	ST L65X65X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.599	7
	2351.06 C	-0.59		1.56	1.90
531	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.035	7
	13.15 T	1.62		-0.53	1.36
532	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.025	7
	8.86 C	-0.36		0.70	0.00
533	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.034	7
	11.96 T	0.31		1.11	1.82
534	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.047	7
	16.59 C	-0.60		1.40	0.00
535	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.064	7
	11.51 T	3.87		0.64	1.75
536	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.046	7
	10.39 C	-2.55		0.29	0.00
537	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.083	7
	10.87 T	5.54		0.62	1.69
538	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.064	7
	9.13 C	-4.20		0.20	0.00
539	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.094	7
	10.31 T	6.56		0.55	1.62
540	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.079	7
	8.00 C	-5.63		0.15	0.00
541	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.098	7
	9.66 T	7.08		0.49	1.56
542	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.088	7
	7.27 C	-6.51		0.11	0.00
543	ST L50X50X5		(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.098	7
	8.58 T	7.04		0.50	1.50

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
544	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.091	7
		6.90 C	-6.95	-0.07	0.00
545	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.043	7
		11.20 T	0.05	1.60	0.00
546	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.061	7
		12.95 C	-1.43	1.75	0.00
547	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.045	7
		9.79 T	0.05	1.67	0.00
548	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.073	7
		13.29 C	-2.27	1.82	0.00
549	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.046	7
		9.15 T	0.05	1.72	0.00
550	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.078	7
		12.58 C	-2.81	1.82	0.00
551	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.045	7
		8.47 T	0.05	1.69	0.00
552	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.081	7
		11.98 C	-3.11	1.80	0.00
553	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.046	7
		8.02 T	0.06	1.72	0.00
554	ST	L50X50X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-3	0.091	7
		11.49 C	-3.19	1.84	0.00
555	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.264	7
		2126.05 T	0.43	2.82	0.00
556	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.239	7
		2094.90 T	-0.16	1.45	0.00
557	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.589	7
		2326.63 C	6.08	1.54	1.82
558	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.295	7
		2533.20 T	-3.68	0.50	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
559	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.303	7
		2558.76 T	1.11	2.11	0.00
560	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.642	7
		2579.64 C	-1.43	2.31	0.00
561	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.618	7
		2551.64 C	8.25	1.28	1.75
562	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.297	7
		2368.27 T	-6.31	0.54	0.00
563	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.615	7
		2591.14 C	10.49	1.36	1.69
564	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.611	7
		2617.07 C	-2.21	1.91	0.00
565	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.299	7
		2392.72 T	1.92	2.62	0.00
566	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.557	7
		2513.36 C	11.54	1.33	1.56
567	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.321	7
		2379.73 T	-9.82	0.50	0.00
568	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.309	7
		2255.48 T	-10.40	0.28	0.00
569	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.535	7
		2517.55 C	10.95	1.43	1.50
570	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.516	7
		2538.88 C	-2.93	1.82	0.00
571	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.293	7
		2274.00 T	2.91	2.63	0.00
572	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.302	7
		2399.23 T	2.47	2.56	0.00
573	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.567	7
		2548.31 C	-2.62	1.91	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
574	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.582	7
		2524.29 C	11.49	1.38	1.62
575	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.312	7
		2376.68 T	-8.45	0.53	0.00
576	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.306	7
		2400.40 T	2.81	2.61	0.00
577	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.537	7
		2535.85 C	-2.86	1.80	0.00
578	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.469	7
		93.02 T	-60.06	1.26	1.90
579	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.255	7
		2082.17 T	-2.48	1.56	1.90
580	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.470	7
		152.24 T	60.05	1.27	1.90
581	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.249	7
		2022.04 T	2.47	1.54	1.90
582	ST	R108CH80	(UPT)		
		PASS	AISC- H1-1	0.796	7
		106345.40 C	-22.68	-1221.49	1.50
583	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.286	7
		2061.58 T	-9.10	0.71	1.76
584	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H1-1	0.589	7
		2146.85 C	-19.17	0.25	1.76
585	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.356	7
		75.36 T	-46.24	0.57	0.00
586	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.545	7
		86.03 T	70.96	0.77	1.64
587	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.549	7
		93.65 T	-71.92	-0.44	0.00
588	ST	L65X65X5	(EUROPEAN SECTIONS)		
		PASS	AISC- H2-1	0.412	7
		107.05 T	50.83	2.18	1.69

394. STEEL TAKE OFF LIST 1 TO 92 94 TO 98 100 TO 234 236 TO 588

## STEEL TAKE-OFF

-----

PROFILE	LENGTH(METE)	WEIGHT(KG )
ST L40x40x5	61.42	182.775
ST F18003	18.00	120.913
ST P48HC40	18.03	288.955
ST P108CH80	18.03	1473.358
ST P108CH40	72.11	4363.841
ST P88HC40	36.05	1538.054
ST P68HC40	18.03	508.950
ST L63x63x5	501.67	2497.361
ST L80x80x6	182.44	1339.406
ST L50x50x5	122.22	460.618
TOTAL =		12774.231

\*\*\*\*\* END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE \*\*\*\*\*

395. FINISH

\*\*\*\*\* END OF THE STAAD.Pro RUN \*\*\*\*\*

\*\*\*\* DATE= SEP 18,2015 TIME= 15:43:18 \*\*\*\*

```

*****
* For technical assistance on STAAD.Pro, please visit *
* http://selectservices.bentley.com/en-US/ *
* *
* Details about additional assistance from *
* Bentley and Partners can be found at program menu *
* Help->Technical Support *
* *
* Copyright (c) 1997-2014 Bentley Systems, Inc. *
* http://www.bentley.com *
*****

```

## ANEXO 4. FICHAS DE COSTO

TIPO DE CAMBIO

L. 22.06

Concreto : 4000 Psi

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
1	ARENA DE RIO	M3	L. 440.00	0.55	L. 242.88	\$ 11.01
2	CEMENTO GRIS	BOLSA	L. 178.00	11.00	L. 1,958.00	\$ 88.76
3	GRAVA DE FABRICA DE 3/4"	M3	L. 440.00	0.55	L. 242.88	\$ 11.01
4	AGUA	GL	L. 0.60	61.90	L. 37.14	\$ 1.68
5	MEZCLADORA DE 1 BOLSA	JOR	L. 500.00	0.08	L. 40.00	\$ 1.81
6	VIBRADOR ELECTRICO	JOR	L. 400.00	0.08	L. 32.00	\$ 1.45
7	1 CUADRILLA DE 7 PEONES	JOR	L. 1,500.80	0.08	L. 120.06	\$ 5.44
					<b>L. 2,672.96</b>	<b>\$ 121.17</b>
					<b>m3</b>	<b>m3</b>

Nota : Concreto hecho en Sitio con mezcladora de 1 bolsa

Acero # 3

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	ALAMBRE DE AMARRE DULCE	LB	L. 12.50	0.05	L. 0.63	\$ 0.03
20	VARILLA CORR. No3 (3/8")	LANCE	L. 100.10	0.21	L. 21.02	\$ 0.95
30	1 HIERRERO +1 AYUDANTE	JOR	L. 531.68	0.0129	L. 6.86	\$ 0.31
					<b>L. 28.50</b>	<b>\$ 1.29</b>
					<b>kg</b>	<b>kg</b>

Acero # 4

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	ALAMBRE DE AMARRE DULCE	LB	L. 12.50	0.05	L. 0.63	\$ 0.03
20	VARILLA CORR. No4 (1/2")	LANCE	L. 184.00	0.1169	L. 21.51	\$ 0.98
30	1 HIERRERO +1 AYUDANTE	JOR	L. 531.68	0.0129	L. 6.86	\$ 0.31
					<b>L. 28.99</b>	<b>\$ 1.31</b>
					<b>kg</b>	<b>kg</b>

Acero # 5

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	ALAMBRE DE AMARRE DULCE	LB	L. 12.50	0.05	L. 0.63	\$ 0.03
20	VARILLA CORR No5 (5/8")	LANCE	L. 381.15	0.0778	L. 29.65	\$ 1.34
30	1 HIERRERO +1 AYUDANTE	JOR	L. 531.68	0.0118	L. 6.27	\$ 0.28
					<b>L. 36.55</b>	<b>\$ 1.66</b>
					<b>kg</b>	<b>kg</b>

Acero # 6

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	ALAMBRE DE AMARRE DULCE	LB	L. 12.50	0.05	L. 0.63	\$ 0.03
20	VARILLA DE HIERRO No 6 (3/4")	LANCE	L. 504.63	0.0541	L. 27.30	\$ 1.24
30	1 HIERRERO +1 AYUDANTE	JOR	L. 531.68	0.0094	L. 5.00	\$ 0.23
					<b>L. 32.92</b>	<b>\$ 1.49</b>
					<b>kg</b>	<b>kg</b>

Acero # 7

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	ALAMBRE DE AMARRE DULCE	LB	L. 12.50	0.055	L. 0.69	\$ 0.03
20	VARILLA CORR. No10(11/4")	LANCE	L. 1,487.00	0.045	L. 66.92	\$ 3.03
30	1 HIERRERO +1 AYUDANTE	JOR	L. 531.68	0.0095	L. 5.05	\$ 0.23
					<b>L. 72.65</b>	<b>\$ 3.29</b>
					<b>kg</b>	<b>kg</b>

Acero # 8

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	ALAMBRE DE AMARRE DULCE	LB	L. 12.50	0.05	L. 0.63	\$ 0.03
20	VARILLA CORR. No8 (1")	LANCE	L. 805.28	0.0306	L. 24.64	\$ 1.12
30	1 HERRERO +1 AYUDANTE	JOR	L. 531.68	0.0094	L. 5.00	\$ 0.23
					<b>L. 30.26</b>	<b>\$ 1.37</b>
					<b>kg</b>	<b>kg</b>

Excavacion en roca semidura (manual)

Un : m3

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	1 peon + 1/10 de Capataz	jor	L. 268.29	3.35	L. 898.77	\$ 40.74
20					L. -	\$ -
30					L. -	\$ -
					<b>L. 898.77</b>	<b>\$ 40.74</b>
					<b>m3</b>	<b>m3</b>

Excavacion Estructural (manual)

Un : m3

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	1 PEON + 1/10 CAPATAZ	JOR	L. 268.29	0.9	L. 241.46	\$ 10.95
					L. -	\$ -
					L. -	\$ -
					<b>L. 241.46</b>	<b>\$ 10.95</b>
					<b>m3</b>	<b>m3</b>

Excavacion en suelo blando

Un : m3

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	1 PEON + 1/10 CAPATAZ	JOR	L. 268.29	0.5	L. 134.15	\$ 6.08
20					L. -	\$ -
					L. -	\$ -
					<b>L. 134.15</b>	<b>\$ 6.08</b>
					<b>m3</b>	<b>m3</b>

Excavacion en roca dura (fina)

Un : m3

Código	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Importe	Importe
10	MARTILLO NEUMATICO EXCAVADORA CAT	HORA	L. 3,000.00	0.18	L. 540.00	\$ 24.48
20	RETROEXCAVADORA CAT 416	HR	L. 700.00	0.04	L. 28.00	\$ 1.27
30	1 PEON + 1/10 CAPATAZ	JOR	L. 268.29	0.17	L. 45.61	\$ 2.07
40						\$ -
					L. -	\$ -
					<b>L. 613.61</b>	<b>\$ 27.82</b>
					<b>m3</b>	<b>m3</b>

## ANEXO 5. ESTUDIO DE SUELOS



INFORME GEOTECNICO TORRE - LAS MORAS

**Digicel** | 1  
HONDURAS

### CONTENIDO DEL INFORME

#### **1. INTRODUCCION**

**1.1 UBICACIÓN DEL SONDEO**

#### **2. GEOLOGIA**

#### **3. PROSPECCIONES**

**3.1 METODO DINAMICO DE PERFORACION ESTÁNDAR**

**3.1.1 SONDEO DE CAMPO**

**3.1.2 PERFIL GEOTECNICO**

**3.2 CALICATA O POZO A CIELO ABIERTO**

**3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO**

**3.4 RESUMEN DE RESULTADOS**

#### **4. RESUMEN EJECUTIVO**

#### **5. ANEXOS**

**5.1 FOTOGRAFIAS**

## ANEXO 6. CALCULO DE PUNZONAMIENT ZAPATA AISLADA

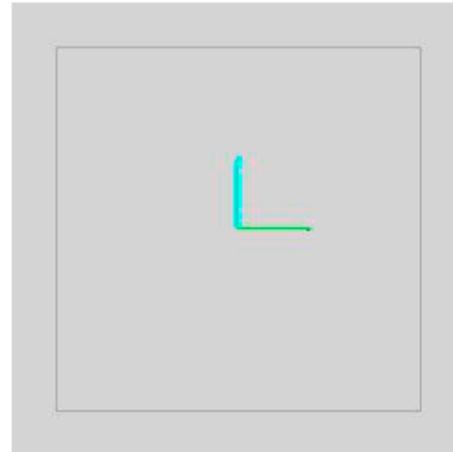
### ACI 318-11 Punching Shear Check & Design

#### Geometric Properties

Combination = 1.2D+W+RELLENO  
Point Label = 14  
Column Shape = Rectangular  
Column Location = Interior  
Global X-Coordinate = 8.0154 m  
Global Y-Coordinate = 2 m

#### Load Punching Check

Avg. Eff. Slab Thickness = 1.408 m  
Eff. Punching Perimeter = 8.831 m  
Cover = 0.092 m  
Conc. Comp. Strength = 27.57903 N/mm<sup>2</sup>  
Reinforcement Ratio = 0.0000  
Section Inertia I<sub>22</sub> = 1.113E+013 mm<sup>4</sup>  
Section Inertia I<sub>33</sub> = 1.113E+013 mm<sup>4</sup>  
Section Inertia I<sub>23</sub> = 0 mm<sup>4</sup>  
Shear Force = 651.789 kN  
Moment Mu<sub>2</sub> = -17.7711 kN-m  
Moment Mu<sub>3</sub> = -21.5061 kN-m  
Max Design Shear Stress = 0.056324 N/mm<sup>2</sup>  
Conc. Shear Stress Capacity = 1.308188  
N/mm<sup>2</sup>  
Punching Shear Ratio = 0.04



Column Punching Perimeter

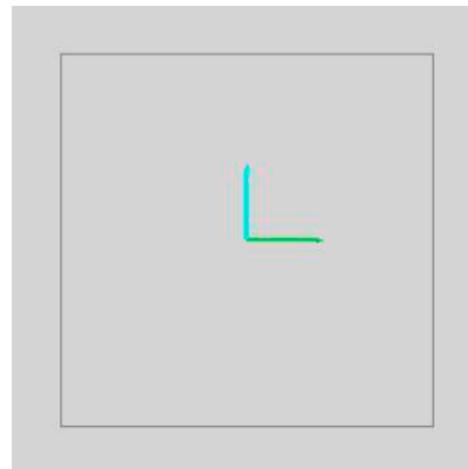
### ACI 318-11 Punching Shear Check & Design

#### Geometric Properties

Combination = ENVOLVRESISTNL2  
Point Label = 13  
Column Shape = Rectangular  
Column Location = Interior  
Global X-Coordinate = 2 m  
Global Y-Coordinate = 5.473 m

#### Load Punching Check

Avg. Eff. Slab Thickness = 1.408 m  
Eff. Punching Perimeter = 8.831 m  
Cover = 0.092 m  
Conc. Comp. Strength = 27.57903 N/mm<sup>2</sup>  
Reinforcement Ratio = 0.0000  
Section Inertia I<sub>22</sub> = 1.113E+013 mm<sup>4</sup>  
Section Inertia I<sub>33</sub> = 1.113E+013 mm<sup>4</sup>  
Section Inertia I<sub>23</sub> = 0 mm<sup>4</sup>  
Shear Force = 1155.507 kN  
Moment Mu<sub>2</sub> = 0.0021 kN-m  
Moment Mu<sub>3</sub> = 47.3625 kN-m  
Max Design Shear Stress = 0.097644 N/mm<sup>2</sup>  
Conc. Shear Stress Capacity = 1.308188  
N/mm<sup>2</sup>  
Punching Shear Ratio = 0.07



Column Punching Perimeter

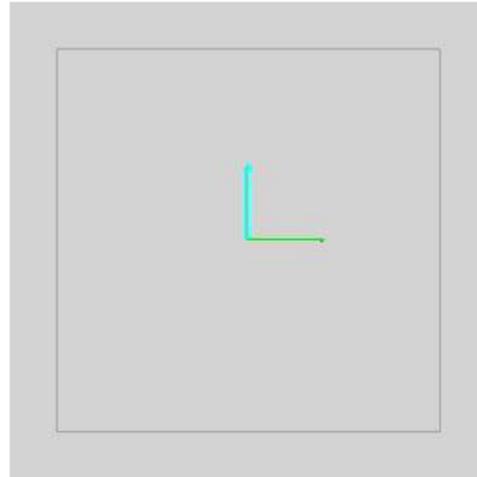
## ACI 318-11 Punching Shear Check & Design

### Geometric Properties

Combination = 1.2D+W+RELLENO  
Point Label = 15  
Column Shape = Rectangular  
Column Location = Interior  
Global X-Coordinate = 8.0154 m  
Global Y-Coordinate = 8.946 m

### Load Punching Check

Avg. Eff. Slab Thickness = 1.408 m  
Eff. Punching Perimeter = 8.831 m  
Cover = 0.092 m  
Conc. Comp. Strength = 27.57903 N/mm<sup>2</sup>  
Reinforcement Ratio = 0.0000  
Section Inertia I<sub>22</sub> = 1.113E+013 mm<sup>4</sup>  
Section Inertia I<sub>33</sub> = 1.113E+013 mm<sup>4</sup>  
Section Inertia I<sub>23</sub> = 0 mm<sup>4</sup>  
Shear Force = 651.513 kN  
Moment Mu<sub>2</sub> = 17.5226 kN-m  
Moment Mu<sub>3</sub> = -21.9374 kN-m  
Max Design Shear Stress = 0.05632 N/mm<sup>2</sup>  
Conc. Shear Stress Capacity = 1.308188 N/mm<sup>2</sup>  
Punching Shear Ratio = 0.04



Column Punching Perimeter