

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLE TELEFÉRICO
EN EL DISTRITO DE SAN CRISTÓBAL CALACOA - PROVINCIA DE
MARISCAL NIETO”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
PRESENTADO POR:**

**Bach. Clelia Flor De María Fernández Dávila Zegarra
Bach. Carlos Hernán Alfredo Machaca Blanco**

**TACNA – PERÚ
2020**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

**“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLE
TELEFÉRICO EN EL DISTRITO DE SAN CRISTÓBAL
CALACOA - PROVINCIA DE MARISCAL NIETO”**

**Tesis sustentada y aprobada el 23 del 11 del 2020: estando el
jurado calificador integrado por:**

PRESIDENTE: MTRO. DINA MARLENE COTRADO FLORES

**SECRETARIO: MTRO. ROLANDO GONZALO SALAZAR
CALDERÓN JUAREZ**

VOCAL: MTRO. ERICK FREDY CALDERÓN LOZANO

ASESOR: ING. JULIO CESAR CRUZ ESPINOZA

DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Clelia Flor de Maria Fernandez Davila-Zegarra y Carlos Hernan Alfredo Machaca Blanco, en calidad de Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 48723335 y DNI 45013154, respectivamente. Declaro bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada
 “ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLE TELEFÉRICO EN EL DISTRITO DE SAN CRISTÓBAL CALACOA-PROVINCIA DE MARISCAL NIETO”


La misma que presento para optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

2. Esta tesis no ha sido copiada o plagiada ni total ni parcialmente, por lo que se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes de información o antecedentes de libros e informes consultados.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Dando nuestra declaración, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD toda responsabilidad que pudiera derivarse por la originalidad, autoría, y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Bien dicho esto, asumimos la responsabilidad frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa de trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente, asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven sometiéndonos a la normatividad vigente de la universidad privada de Tacna.

Tacna, 23 de Noviembre del 2020, Clelia Flor de María Fernandez Davila Zegarra y Carlos Hernan Alfredo machaca blanco DNI 48723335 y DNI 45013154.


 Carlos Hernan Alfredo
 Machaca Blanco
 DNI: 45013154


 Clelia Flor de María Fernandez Davila Zegarra
 DNI: 48723335

DEDICATORIA

Nuestra tesis lo dedicamos a nuestros padres siempre nos brindan el mejor servicio bajo un apoyo incondicional y hacen todo lo posible para apoyar nuestro aprendizaje, culminando de Pre-Grado, así también agradecemos a nuestro asesor de la presente tesis y a nuestros docentes de la Universidad por el conocimiento que nos compartieron día a día en nuestra formación profesional.

Clelia Flor de Maria Fernandez Davila - Zegarra y Carlos Hernan Alfredo Machaca Blanco.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la salud que tengo y habernos iluminado a escoger esta hermosa carrera.

A nuestros padres por habernos forjado como las personas que somos en la actualidad; por formarnos con reglas y algunas libertades y por motivarnos siempre a alcanzar nuestros anhelos.

A nuestro asesor el Ing. Cesar Julio Cruz Espinoza por ayudarnos y dedicarnos su tiempo durante la asesoría, apoyándonos y aconsejándonos en la realización de la presente investigación.

A la Universidad Privada de Tacna por la formación y facilidades.

Clelia Flor de Maria Fernandez Davila - Zegarra y Carlos Hernan Alfredo Machaca Blanco.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. Problema General.....	4
1.2.2. Problemas Específicos.....	4
1.3. Justificación e Importancia.....	4
1.3.1. Conveniencia	4
1.3.2. Relevancia Social.....	5
1.3.3. Valor Teórico.....	5
1.3.4. Unidad Metodológica	5
1.3.5. Limitaciones	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6
1.5. Hipótesis.....	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes del Estudio	8
2.2. Bases Teóricas.....	9
2.2.1. Medios de transporte	9
2.2.2. Teleférico	10
2.2.3. Tipos de Instalaciones de Transporte Por Cable.....	12
2.2.4. Clasificaciones de las Instalaciones de Transporte por Cable.....	13
2.2.5. Descripción de los Distintos Tipos de Instalaciones	23
2.2.6. Otros Sistemas	23
2.2.7. Generalidades Sobre Las Instalaciones	24
2.2.8. Materiales	27
2.2.9. Clasificación de los cables de acero.....	29
2.2.10. Clases de arrollamiento	31
2.2.11. Almas de cables	32
2.2.12. Cables en teleféricos	32
2.2.13. Elementos de apoyo.....	33
2.2.14. Vehículo o cabina.....	33
2.2.15. Anclajes.....	34

2.2.16.	Sistema motriz.....	34
2.2.17.	Componentes Estructurales.....	35
2.2.18.	Parámetros de diseño.....	37
2.2.19.	Otras características de la zona	39
2.3.	Definición De Términos	54
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		56
3.1.	Tipo y Nivel de la Investigación	56
3.1.1.	Tipo De Investigación.....	56
3.1.2.	Diseño De La Investigación.....	56
3.2.	Población y/o Muestra De Estudio	57
3.3.	Operacionalización De Variables	57
3.4.	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.....	58
3.4.1.	Primera Etapa: Investigación Preliminar.....	58
3.4.2.	Segunda Etapa: Trabajos Exploratorios de Campo.....	60
3.5.	Procesamiento y Análisis de Datos.....	62
3.5.1.	Tercera Etapa: Procesamiento de Datos de Campo	62
3.5.2.	Cuarta Etapa: Trazado de Teleférico.....	62
3.5.3.	Quinta Etapa: Diseño Estructural del Teleférico	64
3.5.4.	Sexta Etapa: Diseño Eléctrico de Controles y Motor	65
CAPÍTULO IV RESULTADOS		67
4.1.	Resultados de la Investigación Preliminar y Trabajo de Campo	67
4.1.1.	Estudio Topográfico	67
4.1.2.	Evaluación del Clima de la Zona de Estudio	68
4.1.3.	Accesibilidad a la Zona de Estudio.....	72
4.1.4.	Estudio de Mecánica de Suelos	73
4.2.	Propuesta del Sistema de Transporte Aéreo por Cables	81
4.2.1.	Trazo de la Ruta del Teleférico	81
4.2.2.	Propuesta de Ubicación de las Estaciones	82
4.2.3.	Propuesta de Ubicación y Características de las Torres	82
	Diseño Estructural del Teleférico.....	83
4.2.4.	Diseño y Dimensionamiento de Cabina de Transporte.....	83
4.2.5.	Diseño Estructural del Sistema de Cables	83
4.2.6.	Diseño Estructural De Las Torres De Soporte.....	109
4.2.7.	Diseño Estructural De Las Estaciones Del Sistema De Transporte	143
4.3.	Procesamiento Del Diseño Eléctrico De Controles Y Motor	168
4.3.1.	Motor De Arranque.....	168

CAPÍTULO V DISCUSION.....	173
RECOMENDACIONES.....	178
APÉNDICE	182

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Transporte por Cable.....	22
Tabla 2 Adecuación de Vonroll	38
Tabla 3 Ubicación Topográfica de las localidades de estudio.....	67
Tabla 4 Densidad in situ – Cono de Arena – Calacoa.....	73
Tabla 5 Densidad in situ – Cono de Arena – Calacoa.....	74
Tabla 6 Clasificación de suelos SUCS y AASHTO.....	76
Tabla 7 Densidad Máxima y Mínima del suelo.....	77
Tabla 8 Características del suelo.....	78
Tabla 9. Propiedades mecánicas promedios de suelos arcillosos.....	79
Tabla 10 Propiedades mecánicas promedios de suelos arcillosos.....	80
Tabla 11. Coeficiente Aerodinámico	87
Tabla 12. Dimensionamiento de cables de transporte.....	88
Tabla 13. Coeficiente de seguridad del diseño de cables.	95
Tabla 14 Cuadro resumen de tensiones.	98
Tabla 15 Dimensiones de poleas para porta cables.....	106
Tabla 16 Determinación de poleas.	106
Tabla 17. <i>Distribución de tramos y longitud de cable.</i>	107
Tabla 18 Cargas actuantes en los cables.	109
Tabla 19 Parámetros Sísmicos de las Torres.	114
<i>Tabla 20 Peso sísmico de la Estructura – Torre N°03 (tipo IV).</i>	116
Tabla 21 Fuerzas Cortantes actuantes en las Torres.....	117
Tabla 22 Modos de vibración de la torre.....	118
Tabla 23 Modos de vibración de la torre.....	119
Tabla 24 Fuerza Cortante por cargas sísmica dinámica de la torre.	121
<i>Tabla 25 Desplazamientos y distorsiones de las torres.</i>	122
<i>Tabla 26 Cortante basal vs cortante dinámico.</i>	123
Tabla 27 Diseño estructural de la Torre TIPO I.....	128
Tabla 28 Diseño estructural de la Torre TIPO II.....	129
Tabla 29 Diseño estructural de la Torre TIPO III.....	130
Tabla 30 Diseño estructural de la Torre TIPO IV.....	131
Tabla 31 Diseño de pernos de anclaje.....	134
Tabla 32 Valores para Ld, f'm, mv y mt.....	135
Tabla 33 Momentos Resistentes al volteo MC.....	142

Tabla 34 Momentos actuantes al volteo MD.	143
Tabla 35 Parámetros sísmicos de las Estaciones.	146
Tabla 36 Peso de la estructura.	148
<i>Tabla 37</i> Periodos de los modos de vibración de la estructura.	148
Tabla 38 Participación de masas en el análisis modal.	150
Tabla 39 Periodos de los modos de vibración de la estructura.	152
Tabla 40 Evaluación de derivas de entrepiso.	153
Tabla 41 Cortante basal estático vs dinámico.	155
Tabla 42 Matriz De Consistencia Matriz De Consistencia: Estudio De Un Sistema De Transporte Por Cable-Teleférico En El Distrito De San Cristóbal Calacoa-Provincia De Mariscal Nieto.	183

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista de Calacoa a San Cristobal.....	3
Figura 2. Vista de San Cristobal a Calacoa.....	4
Figura 3. Teleférico de Quito.....	10
Figura 4. Funicular del Monte Ulía en San Sebastián.	11
Figura 5. Funicular aéreo del Niágara.....	12
Figura 6. Funicular.....	12
Figura 7. Teleférico de vaivén.....	13
Figura 8. Telesilla (telesquí).....	13
Figura 9. Movimiento de vaivén.	14
Figura 10. Sistema de teleférico de vaivén.	15
Figura 11. Movimiento continuo.	15
Figura 12. Pinza fija.....	16
Figura 13. Pinza desembragable.	16
Figura 14. Diagrama de tambor de enrolamiento del Cable de Acero.....	28
Figura 15. Diagrama de Producción del Cable de Acero: alambre, torón, alma y cable.....	29
Figura 16. Clasificación de los cables de acero.	31
Figura 17. Cabinas de teleférico DIAMOND.....	33
Figura 18. Anclaje Peikko.	34
Figura 19. Motor de teleférico.	34
Figura 20. Sistema de tres cables.....	35
Figura 21. Torre de teleféricos.	37
Figura 22. San Cristóbal – Calacoa.	40
Figura 23. Trazado autoridad propia.	40
Figura 24. Mapa de geología superficial de la ciudad de Moquegua.....	45
Figura 25. Sismicidad superficial ($h \leq 60$ km) presente en la región sur de Perú según el catalogo sísmico del IGP.	52
Figura 26. Principales elementos tectónicos presentes en el área de Calacoa y del volcán Ticsani.....	54
Figura 27. Visita a Teleférico de Bolivia La Paz.	60
Figura 28. Visita a Teleférico de Bolivia La Paz.	59
Figura 29. Vista de base de torre de soporte.	59
Figura 30. Cabinas del teleférico.	59

Figura 31. Ubicación geográfica de las localidades de San Cristóbal y Calacoa.....	60
Figura 32. Visita a San Cristóbal.....	61
Figura 33. Visita a Calacoa.....	61
Figura 34. Trazado de ruta del teleférico entre Calacoa y San Cristóbal.....	63
Figura 35. Ubicación de las Estaciones de inicio del Teleférico.....	63
Figura 36. Ubicación de las Estaciones de fin del Teleférico.....	64
Figura 37. Perfil longitudinal del trazo de ruta del teleférico.....	64
Figura 38. Curvas de Nivel de la Zona de Influencia del Proyecto.....	67
Figura 39. Estaciones Meteorológicas instaladas en Moquegua.....	68
Figura 40. Temperaturas máximas y mínimas promedio en Calacoa.....	69
Figura 41. Temperaturas promedio por hora – Calacoa.....	69
Figura 42. Precipitación de lluvia mensual promedio – Calacoa.....	70
Figura 43. Niveles de humedad mensual promedio - Calacoa.....	70
Figura 44. Velocidad de viento mensual promedio – Calacoa.....	71
Figura 45. Dirección de viento mensual promedio – Calacoa.....	72
Figura 46. Accesos viales a Calacoa y San Cristóbal.....	72
Figura 47. Trazo de la ruta del Teleférico en Calacoa.....	81
Figura 48. Perfil longitudinal del trazo de ruta del teleférico.....	81
Figura 49. Ubicación de Estaciones A y B.....	82
Figura 50. Ubicación de 05 torres de soporte.....	82
Figura 51. Cabina de policarbonato Diamond.....	83
Figura 52. Esquema de un cable con apoyos a desnivel y con carga en el centro de la luz.....	86
Figura 53. Transporte por cable, de Orro, Novales y Rodrigues, 2003.....	90
Figura 54. Cable cerrado 38mm por norma UNE.....	97
Figura 55. Bloque de concreto.....	101
Figura 56. Poleas para Cable de Acero.....	105
Figura 57. Ubicación de torres.....	110
Figura 58. Vista en 3D de la torre de soporte típico.....	111
Figura 59. Vista en 3D de la torre de soporte típico.....	111
Figura 60. Vista en 3D de la torre de soporte típico.....	112
Figura 61. Vista en 3D de la torre de soporte típico.....	112
Figura 62. Vista Aérea superior de zonas de circulación para mantenimiento y/o evacuación de emergencia.....	112
Figura 63. Fuente: Dimensiones Pilares de soporte de Torre N°03.....	113

Figura 64. Distribución de cargas sobre la Torre.....	114
Figura 65. Espectro de respuesta sísmica de las torres de soporte.	115
Figura 66. Espectro de respuesta sísmica de las torres de soporte.	115
Figura 67. Modos de vibración de mayor participación de masas.	120
Figura 68. Propiedades de la sección tubular D=36" E=1".	125
Figura 69. Esquema general de la Torre de soporte.	126
Figura 70. Cargas Axiales actuantes en la base de la torre.	132
Figura 71. Esquema de apoyo con anclaje de estructuras metálicas.	132
Figura 72. Diseño de Estructuras metálicas, Zapata Banglieto.	133
Figura 73. Esquema de distribución de pernos de anclaje.	134
Figura 74. Caso 01. Cargas de Servicio, presiones máximas por cargas de servicio.	136
Figura 75. Caso 02. Cargas De Servicio + 0.80csx-X, Presiones máximas por caso 02.	137
Figura 76. Caso 03. Cargas De Servicio - 0.80csx-X, Presiones máximas por caso 03.	137
Figura 77. Caso 03. Cargas de Servicio + 0.80CSy-y, Presiones máximas por caso 04.	138
Figura 78. Caso 05. Cargas de Servicio - 0.80CSy-y, Presiones máximas por caso 05.	139
Figura 79. Asentamiento por cargas de servicio.	139
Figura 80. Fuerza cortante en la dirección X-X.	140
Figura 81. Fuerza cortante en la dirección Y-Y.	140
Figura 82. Distribución de acero de refuerzo en la dirección X-X.	141
Figura 83. Distribución de acero de refuerzo en la dirección Y-Y.	141
Figura 84. Esquema de subdivisión de pesos.	142
Figura 85. vista en 3D de la Estación típica.	145
Figura 86. Distribución del Tijeral principal.	145
Figura 87. Espectro de Respuesta sísmica de las estaciones.	147
Figura 88. Espectro de Respuesta sísmica de las estaciones.	147
Figura 89. Desplazamiento de los primeros modos de vibración.	151
Figura 90. Modos de vibración de la estructura de estaciones.	153
Figura 91. Diseño estructural de los elementos de acero – celosías.	158
Figura 92. Diseño estructural de los elementos de acero – celosías.	158
Figura 93. Diseño de las columnas de concreto.	159
Figura 94. Diseño a flexo compresión de columnas de C°A°.	159

Figura 95. Diseño a flexo compresión de columnas de C°A°.....	160
Figura 96. Ratios de demanda vs capacidad de columnas de C°A°.....	160
Figura 97. Diagrama de interacción de columnas de C°A°.....	160
Figura 98. Esfuerzos internos de combinaciones de carga.....	161
Figura 99. Distribución de refuerzo longitudinal en vigas.....	161
Figura 100. Distribución de refuerzo transversal en vigas.....	162
Figura 101. Distribución de refuerzo transversal en vigas.....	162
Figura 102. CASO 01. Cargas de Servicio, presiones de carga en zapatas caso 01.	163
Figura 103. Caso 02. Cargas de Servicio + 0.80CSx-x, presiones de carga en zapatas caso 02.....	164
Figura 104. Caso 03. Cargas de Servicio - 0.80CSx-x. Presiones de carga en zapatas caso 03.....	164
Figura 105. Caso 04. Cargas de Servicio + 0.80CSy-y. Presiones de carga en zapatas caso 04.....	165
Figura 106. Caso 05. Cargas de Servicio - 0.80CSy-y. Presiones de carga en zapatas caso 05.....	165
Figura 107. Se presentan las fuerzas de corte en la dirección X-X.....	166
Figura 108. Se presentan las fuerzas de corte en la dirección Y-Y.....	166
Figura 109. Acero de refuerzo longitudinal en zapatas en los sentidos X e Y.....	167
Figura 110. Acero de refuerzo longitudinal en zapatas en los sentidos X e Y.....	167
Figura 111. Grupo electrógeno diesel.....	169
Figura 112. Tablero de controles.....	170
Figura 113. Esquema de tablero.....	172
Figura 114. Normas UNE. Cables.....	184
Figura 115. Cable cerrado de 2Z.....	185
Figura 116. Fotografía 1. Viaje a Bolivia.....	188
Figura 117. Fotografía 2. Viaje a Bolivia.....	189
Figura 120. Fotografía 5. Viaje a Bolivia.....	190
Figura 122. Fotografía 7. Viaje a Bolivia.....	191
Figura 123. Fotografía 8. Viaje a Bolivia.....	192
Figura 124. Fotografía 9. Viaje a Bolivia.....	193
Figura 125. Fotografía 1. Viaje a San Cristóbal.....	194
Figura 126. Fotografía 2. Viaje a San Cristóbal.....	194
Figura 127. Fotografía 3. Viaje a San Cristóbal.....	195
Figura 128. Fotografía 4. Viaje a San Cristóbal.....	196

Figura 129. Fotografía 5. Viaje a San Cristóbal.	196
Figura 130. Fotografía 6. Viaje a San Cristóbal.	197
Figura 131. Fotografía 7. Viaje a San Cristóbal.	197
Figura 132. Fotografía 8. Viaje a San Cristóbal.	198

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Anexo B. TABLAS USADAS DE LA NORMA UNE

Anexo C. PLANOS DE PERFIL

Anexo D. PLANOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Anexo E. PANEL FOTOGRAFICO DE VIAJE DE INVESTIGACIÓN

Anexo F. PANEL FOTOGRAFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

RESUMEN

Problema: El distrito de San Cristóbal – Calacoa tiene serios problemas de accidentada topografía, cuenta con carreteras de tercer orden, el sistema de transporte teleférico fue ideado para zonas con grandes diferencias de altura puesto que en este distrito, existe una gran dificultad para trasladarse entre San Cristobal y Calacoa, la construcción de un sistema de transporte teleférico ayudaría al crecimiento socio-económico del mismo distrito.

Objetivo: El presente estudio, tiene por finalidad realizar el estudio de un sistema de transporte por cable - teleférico en el Distrito de San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto, a su vez analizar y determinar el recorrido, sistema de cabinas, cables y demás componentes.

Metodología: Para el presente estudio fue necesario recopilar datos históricos, características del terreno, la ubicación y el reconocimiento de rutas de acceso. Se entrevistó a los pobladores y autoridades de la zona de trabajo, se realizó un viaje de estudios a la paz Bolivia, para obtener un mejor entendimiento del estudio, con la información recopilada se procedió a definir las mejores ubicaciones de las estaciones y torres de soporte.

Conclusiones: Del análisis se concluye que al tener una topografía irregular es viable un sistema de transporte por cable, para la ruta del teleférico se tomo en cuenta una ubicación estratégica para las torres y estaciones, considerando 08 torres y 02 estaciones de partida y llegada.

Palabras clave: Teleférico, cable, galibo, cable portante, cable tractor.

ABSTRACT

Problem: The district of San Cristóbal - Calacoa has serious problems of rugged topography, it has third-order roads, the cable car transportation system was designed for areas with large differences in height since in this district, there is great difficulty to move between San Cristobal and Calacoa, the construction of a cable car transportation system would help the socio-economic growth of the same district.

Objective: The present study aims to carry out the study of a cable transport system - cable car in the District of San Cristóbal Calacoa Mariscal Nieto Province, in turn to analyze and determine the route, cab system, cables and other components.

Methodology: For the present study it was necessary to collect historical data, terrain characteristics, location and recognition of access routes.

The residents and authorities of the work area were interviewed, a study trip to La Paz Bolivia was carried out, to obtain a better understanding of the study, with the information collected we proceeded to define the best locations of the stations and support towers.

Conclusions: From the analysis it is concluded that having an irregular topography a cable transport system is viable, for the cable car route a strategic location for the towers and stations was taken into account, considering 08 towers and 02 departure and arrival stations.

Keywords: Cable car, cable, gauge, supporting cable, tractor cable.

INTRODUCCIÓN

Uno de los campos de aplicación de la Ingeniería civil es el Diseño de instalaciones para el beneficio de la sociedad, mediante el análisis de necesidades, formulación y solución de problemas técnicos y apoyo en desarrollos científicos para prestar un servicio adecuado mediante el uso racional y eficiente de los recursos disponibles (@Universidad EAFIT, 2010).

Un teleférico es un medio de transporte son vehículos capaces de transportar personas o transportar mercancías. Estos están suspendidos en el aire tienen una estructura con una o más poleas móviles en su parte superior, estas poleas se apoyan en cables fijos o cables de carril y con la ayuda de cables con trabajo a tensión se desliza sobre dicho cable.

La seguridad de sus operaciones y la velocidad de comunicación que genera entre lugares de difícil acceso son las características que pueden dar a desarrollar importantes y famosos centros turísticos realizando importantes proyectos en zonas montañosas. Es por eso que estos sistemas de transporte son instalaciones que se construyen cada vez más en todo el mundo.

Los teleféricos de muchos países del mundo han hecho grandes contribuciones al desarrollo del turismo. Sin embargo, el acceso a la información es escaso y limitado. Debido a que esta es una estructura poco convencional en nuestra región de América Latina, no existen regulaciones que rijan su diseño y construcción. Por tanto, la aplicación de estándares basados en analogía con otros tipos de estructuras (como edificios y puentes) es fundamental.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

El distrito de San Cristóbal es uno de los 6 distritos de la Provincia de Mariscal Nieto, ubicada en el Departamento de Moquegua, bajo la administración del Gobierno regional de Moquegua, en el sur del Perú. El distrito fue creado mediante Ley N° 9940 del 31 de enero de 1944. La capital del distrito es la población de Calacoa ubicada a 3458 msnm. Está conformado por los poblados de Calacoa-Bellavista, Muylaque, San Cristóbal (Moquegua), Sijuaya, Aruntaya y Titire.

Calacoa se encuentra a 148 km de Moquegua, la capital regional, una distancia moderada, pero debido a que "... el área alto andina tiene serios problemas de articulación espacial y el transporte es totalmente deficiente, siendo todas las carreteras de tercer orden o trochas carrozables en pésimas condiciones de transitabilidad" (Comité Regional de Defensa Civil Moquegua, s.f.), el acceso a Calacoa no resulta sencillo ni rápido, no se cuenta con proyectos que solucionen esta situación y también a la difícil geografía de la región en el área andina.

En Calacoa, la carretera de acceso es accidentada debido que la quebrada que debe ascender es profunda, de cauce angosto, flanco de corto recorrido y fuerte gradiente, lo cual, sumado al pésimo estado de mantenimiento, hacen que el viaje a Calacoa resulte algo tortuoso y excesivamente largo. Más en este punto es oportuno señalar que, incluso si el estado de la carretera fuera el adecuado, el tiempo para subir la quebrada que conduce a Calacoa sería casi igual de largo, pues debido a la pendiente, la carretera hace muchos zigzags.

Parece que el tiempo que toma subir a Calacoa no puede acortarse debido a la pendiente. Sólo para vehículos automotores, pues existen sistemas que permiten librar este tipo de pendientes sin la pérdida de tiempo de ir por la carretera. El sistema de transporte por teleférico fue ideado para zonas con grandes diferencias de altura, donde el acceso por carretera o ferrocarril resulta difícil. Adicionalmente, al estar en una zona con riquezas culturales, variedad de tradiciones y bajo nivel educativo se necesita medios de transporte para aumentar la calidad de vida de los pobladores que se encuentren en zonas distantes.

Es innegable que el turismo ha sido uno de los sectores que más se ha desarrollado, siendo un distrito turístico ha surgido la necesidad de darles un mejor acceso a los visitantes, potenciando y dando a conocer productos que se mantienen inexplorados. Se sabe que un producto turístico no solo está conformado por los atractivos naturales y/o artificiales, sino también por las debidas facilidades de acceso y oferta de servicios acordes. Por ello, si no se cuenta con facilidades de transporte, es como si no existieran los atractivos, por lo tanto, se pierde la inversión turística y/o el desarrollo socioeconómico en la zona.

San Cristóbal Calacoa - Provincia de Mariscal Nieto, es un distrito con singular clima de una variedad de flora, fauna y riqueza botánica, consideradas vitales para el desarrollo de la zona. Parte de las actividades y festividades de la zona se relacionan con el área turística, puesto que las tradiciones se encuentran atractivas para los visitantes extranjeros. La construcción de un teleférico en la zona ayudara al crecimiento de la economía, obteniendo fácil acceso a sus sectores atractivos ecos turísticos, pero a la vez con notables dificultades de acceso debido a su accidentada topografía. Previamente es necesario realizar el trazo adecuado para teleférico, de esta manera obtener condiciones y datos que se requieran para el diseño del mismo.



Figura 1. Vista de Calacoa a San Cristobal.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 2. Vista de San Cristobal a Calacoa.

Nota: Elaborado por el autor.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo debe ser el estudio de un sistema de transporte por cable - teleférico en el Distrito de San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuál sería el recorrido de las cabinas transportadoras tomando en cuenta la topografía de la quebrada San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto?

¿Qué sistema de cables, cabinas y motores es el más adecuado aplicar en San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto?

1.3. Justificación e Importancia

Esta investigación se ajusta desde diversos puntos de vista:

1.3.1. Conveniencia

El trabajo de Investigación presentado permitirá al lector tener mayor criterio al momento de diseñar un sistema de transporte por cable ya que podrá decidir con facilidad que tipo y dimensiones de cable, ubicación y/o estructura sea la más recomendable a usar.

1.3.2. Relevancia Social

La información sobre criterios y diseño de sistemas de transporte por cable es escasa en el Perú, ya que no se cuenta con un sistema de transporte por cable ya diseñado o construido, pero proyectando la ciudad en la que se hará el diseño a unos años, esta información podrá usarse para proyectos que quieran contar con este medio de transporte, para expedientes técnicos y/o investigaciones de estudiantes universitarios.

Además, las investigaciones realizadas en distritos de la sierra del Perú son también escasos, habiendo lugares en los que se sabe muy poco o casi nada. Si bien no es el propósito de esta investigación el dar a conocer el lugar donde se planteará nuestro diseño, la necesidad de realizar un trabajo de campo en el lugar y publicar los resultados, servirá para un mejor conocimiento de Calacoa y sus potencialidades.

1.3.3. Valor Teórico

Los resultados y conclusiones a que llegue la investigación podrán utilizarse en futuros proyectos o investigaciones que estén referidos al diseño de transporte por cables, permitiendo entender el comportamiento de las estructuras en diferentes condiciones, es por esto que se trata de brindar toda la información técnica y práctica acerca de la utilización de este medio de transporte por cable aéreo - teleférico.

1.3.4. Unidad Metodológica

El estudio permitirá un mejor entendimiento de los criterios que se necesitan para el diseño de este medio de transporte por medio de cables aéreos, puesto que la información es limitada en el país.

1.3.5. Limitaciones

Desde el momento de iniciar el planteamiento de nuestro problema de investigación, vislumbramos dos grandes limitaciones que podrían retardar o entorpecer la realización del presente proyecto: la dificultad para el acceso a una bibliografía detallada sobre el lugar donde planeamos plantear nuestro diseño y la falta de referentes cercanos que nos permitan experimentar directamente e interactuar con un teleférico.

Calacoa es un distrito pequeño de la sierra de Moquegua, y la información existente en internet (la información más accesible) es escasa. Es de suponer que existen estudios detallados sobre el suelo, geomorfología y demás, que son cruciales para nuestros diseños.

Sin duda, los estudios respectivos existen, pero se encuentran en los archivos de diversos ministerios y/o a disposición del mismo municipio distrital; es decir, la información necesaria para para la realización de la tesis se encuentra dispersa y debe solicitarse en la misma institución según sea el caso. Esto dilatará el tiempo para la realización del marco teórico y de los diseños, pues será necesario tramitar el acceso a esta información, lo cual, tomando en cuenta la lentitud de la burocracia estatal, podrían ser algunas semanas.

La segunda limitación que consideramos es la falta de referentes cercanos, concretos y experimentables directamente. Sabemos que, sobre teleféricos, existe abundante información en internet, existen empresas que brindan asesoramiento y diversas investigaciones similares a nuestro planteamiento; pero, sin duda, el tener contacto directo con un teleférico en funcionamiento, poder observar los detalles y un sinfín de pequeños aspectos que probablemente no se mencionen en la información teórica existente, es algo que no puede ser sustituido. Sin embargo, esta limitación se puede superar visitando el teleférico más cercano del que tenemos noticia: el de La Paz, Bolivia, pero con el consiguiente gasto en pasajes y estadía.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar el estudio de un sistema de transporte por cable - teleférico en el Distrito de San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.

1.4.2. Objetivos Específicos

- A.** Analizar el recorrido de las cabinas transportadoras tomando en cuenta la topografía de la quebrada San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.
- B.** Determinar el sistema de cables, cabinas y motores es el más adecuado aplicar en San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.

1.5. Hipótesis

El estudio de un sistema de transporte por cable - teleférico en el Distrito de San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto es práctico y económico.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Tesis de la Universidad Austral de Chile, presentada por Rivera (2005) para optar el título de Ingeniero Civil en Obras Civiles, titulada “Estudio de prefactibilidad técnica y económica de un teleférico en el Cerro Divisadero”, en la que se expresa lo siguiente. El teleférico en sí podría constituirse como un polo de atracción, ya que es un medio de transporte relativamente desconocido en el país y por, sobre todo, inaudito en la Región de Aisén. Sin embargo, se piensa qué para mejorar la rentabilidad del teleférico, éste necesariamente debe estar inmerso en la elaboración de un plan de desarrollo turístico para el Cerro Divisadero. Como el propósito del presente estudio era analizar el medio de transporte propiamente tal, se deja planteada la inquietud para que sea considerada en caso que se decida desarrollar un estudio más detallado y definitivo.

Tesis de la Universidad Politécnica Salesiana, presentada por Ponce y Ponce (2013) para optar el título de Ingeniero Mecánico, titulada “Diseño y simulación de un teleférico con capacidad de transportación para 8 personas y un recorrido de 1 km” en la que se expresa lo siguiente: La construcción de un teleférico es aconsejable en lugares de topografía en terreno irregular, ya que la construcción de carreteras o puentes es de difícil realización y muy costoso. Este tipo de medio de transporte (teleférico) además de ser utilizado como de transporte de personas, animales y bienes también se puede utilizar en la industria turística, minería, etc.

Tesis de la Universidad San Carlos de Guatemala, presentada por Lemus (2012) “Remodelación área recreativa, operación y mantenimiento del teleférico Amatitlán”, para optar el título de Arquitecto, en la que se expresa lo siguiente: El Planteamiento Arquitectónico dará el impulso necesario en infraestructura en áreas de recreo para el usuario del Teleférico, es un lugar donde puede alejarse del ruido de la ciudad, rodeado de hermosos y acogedores paisajes, áreas para recrearse, pernoctar y descansar en un ambiente natural. La cima de la montaña El Filón en el área de Contra estación, posee atractivos turísticos, acompañados de un clima templado para el usuario

del Teleférico de Amatitlán. El proyecto propone brindar al usuario, actividades recreativas e incentivar el turismo del lugar.

Tesis de la Universidad San Francisco de Quito, presentada por Ibarra (2012) "Replanteamiento del Teleférico de Quito", para optar el título de Licenciada en Diseño de Interiores, en la que se expresa lo siguiente: El Teleférico promueve la belleza de la ciudad, para que quiteños como extranjeros puedan vivir la experiencia de observar su completa magnitud. Este proyecto consiste en realizar un replanteamiento de Calacoa ya que es un área turística muy importante de la ciudad, que no tiene un funcionamiento adecuado y se encuentra abandonado. Dadas sus condiciones, el replanteamiento incluye un nuevo uso y adaptación de la infraestructura ya realizada en el Teleférico, cambiando su enfoque y funcionamiento en diferentes áreas. Se pretende crear espacios continuos y fluidos, que puedan gozar de la magnífica vista de la zona. Cada espacio es único y trata de unificar la naturaleza o el deporte con la parte arquitectónica del lugar para así dar al usuario una experiencia única.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Medios de transporte

Medio de transporte hace referencia a todos los medios de traslado de personas o bienes de un lugar a otro (Anexo: Medios de transporte, 2016). La enciclopedia virtual Wikipedia (2016) clasifica los medios de transporte en:

- Acuáticos, como: Barco, Submarino, Yate, lancha.
- Terrestres, como: Automóvil, Bicicleta, Motocicleta, Autobús, tren.
- Aéreos, como: Avión, helicóptero, globo de aire caliente.
- Tracción animal: carruajes, trineos, carretas, etc.

En cuanto al transporte aéreo, se refiere al "... traslado de un lugar hacia otro de personas, animales o cualquier tipo de objeto haciendo uso de un medio capaz de navegar por las zonas bajas y medias de la atmósfera (aeronave)" (Transporte aéreo, 2016). Dentro de esta categoría está considerado también el transporte por cable, pero, por la naturaleza de este tipo de transporte, no está bajo la jurisdicción de la autoridad competente.

En nuestro país, el transporte aéreo es regulado por la Dirección General de Aeronáutica Civil, mas no le corresponde legislar ni intervenir en cuanto al transporte por cable, pues éstos, a pesar de

ser un medio de transporte aéreo, se parecen más bien a los ascensores de cualquier edificio alto.

2.2.2. Teleférico

Un teleférico es un medio de transporte que consiste en una cabina que puede acomodar a un grupo de personas y / o carga. Estas cabinas están suspendidas en el aire transportadas por uno o más cables. La mayoría de estos vehículos funcionan con electricidad. Este medio de transporte se utiliza en zonas con grandes desniveles, de difícil acceso por carretera



Figura 3. Teleférico de Quito.

Nota: Obtenido de BEYOND (2019).

- Historia

Hay muchas señas sobre el origen del teleférico, fue inventado y patentado por el ingeniero cántabro Leonardo Torres Quevedo. Fue en 1887 cuando Torres Quevedo registró su primera patente sobre "Un sistema de camino funicular aéreo de alambres múltiples", el sistema de cables se utiliza para guiado y tracción, la tensión del sistema de cables es independiente de la carga transportada, obteniendo estabilidad y seguridad. La invención está registrada con el nombre "aertransportador" o "aerocar".

Este invento fue ridiculizado por la comunidad internacional, pero después del lanzamiento del primer teleférico del mundo, inaugurado en San Sebastián el 30 de septiembre de 1907, Para que los nobles donostiarras pudieran acceder sin problemas a la

cima del monte Uria, el aerotransportador gozó de fama mundial y de inmediato se construyeron varios en todo el mundo.

Los siguientes dos teleféricos fabricados en Europa se enumeran como los primeros teleféricos del mundo en varios libros europeos fueron el de Bolzano (Italia) inaugurado el 29 de junio de 1908, y el de Grindelwald en Suiza, inaugurado el 27 de Julio del mismo año.

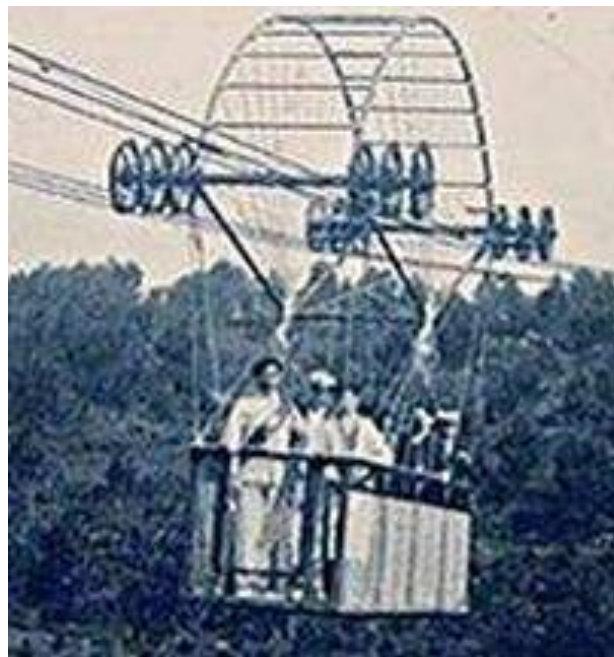


Figura 4. Funicular del Monte Ulía en San Sebastián.

Nota: Obtenido de Google Imágenes (2019).

El transportador más famoso que aún utiliza la tecnología diseñada por Torres Quevedo es el Tranvía Aéreo del Niágara construido entre 1915 y 1916, ubicado en la famosa línea divisoria de la cascada entre Canadá y Estados Unidos.³



Figura 5. Funicular aéreo del Niágara.

Nota: Obtenido de Año Torres Quevedo (2016)

2.2.3. Tipos de Instalaciones de Transporte Por Cable

Generalmente, las instalaciones de transporte por cable se refieren a instalaciones que utilizan cables metálicos a lo largo de la ruta de tendido. Orro, Novales & Rodríguez (2003) clasifican los tipos de instalaciones de transporte por cable en:

- Funiculares y otras instalaciones cuyos vehículos se desplazan sobre ruedas u otros dispositivos de sustentación y mediante tracción de uno o más cables.



Figura 6. Funicular.

Nota: Obtenido de DOPPELMAYR (2010).

- Los teleféricos, cuyos vehículos son desplazados y/o movidos en suspensión por uno o más cables; esta categoría incluye igualmente las telecabinas y los telesillas.



Figura 7. Teleférico de vaivén.

Nota: Obtenido de DOPPELMAYR (2010).

- Los telesquís, que, utilizan cables para tirar de los usuarios equipados con el equipo adecuado.



Figura 8. Telesilla (telesquí).

Nota: Obtenido de 123RF (2019).

2.2.4. Clasificaciones de las Instalaciones de Transporte por Cable

Al igual que con otros métodos de transporte, las instalaciones de transporte por cable se pueden clasificar de diferentes maneras:

A. Según las bases de se consideren

- Cable portante: constituye la vía de circulación y soporta la carga también se conoce como cable carril o portador.
- Cable tractor: transmite la fuerza para el movimiento, también se conoce como cable de tracción.
- Cable transportador: soporta la carga y transmite la fuerza para el movimiento, se conoce también como portador - tractor.

B. Según las Características De La Vía De Circulación

- Área: Consiste en cables suspendidos
- Terrestre: Si se trata de un carril o pista preparada sobre la nieve o directamente sobre el suelo.

C. Según el soporte de su movimiento

- Terrestres. Funiculares y otras instalaciones con vías en el suelo, la tracción se realiza mediante cables.
- Aéreos. Un teleférico, es decir, un medio de transporte o un sistema, cuyo vehículo está suspendido de uno o más cables.

D. Según el sistema de movimiento

Pueden ser de vaivén o unidireccionales:

- Los teleféricos de vaivén son generalmente bicables, también se les llama elevadores pesados o simplemente teleféricos. Permiten tramos más grandes, más grandes de 1 km. Las cabinas de estas instalaciones están en constante evolución en cuanto a tamaño, comodidad, seguridad, estética y aerodinámica. La cabina de piso giratorio es otra innovación interesante, específicamente diseñada para aumentar la magnificencia de la ruta turística durante el viaje.
- En estos momentos existen al menos dos instalaciones en el mundo, Table Mountain en Sudáfrica, construida por Garaventa en 1997, con cabinas de 65 plazas y la primera instalada en Titlis (Suiza- 1992) con una cabina de 80 plazas, que a pesar de encontrarse en una estación de esquí está abierta todo el año para uso turístico.



Figura 9. Movimiento de vaivén.

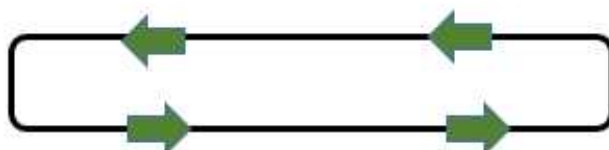
Nota: Elaborado por el autor.



Figura 10. Sistema de teleférico de vaivén.

Nota: Obtenido de DOSSIER DE PRENSA (2016).

- Unidireccionales. Siempre se mueven en la misma dirección. Entre estos los hay de “movimiento continuo”, que se mueven en movimiento uniforme y “pulsantes” su cable se mueve de forma intermitente a una velocidad que cambia periódicamente según la posición del vehículo.



Movimiento continuo

Figura 11. Movimiento continuo.

Nota: Elaborado por el autor.

E. Según el número y disposición de sus cables

Pueden ser monocables o bicables:

- Monocables. Dotados de un sólo cable llamado portador-tractor, que sirve como guía o carril y de elemento tractor. En este grupo se incluyen sistemas de más de un cable que, al moverse de forma sincrónica, ejercen de hecho la función de uno solo.
- Bicables. Dotados de uno o varios cables-carril, que sirven como soporte y guía, y de uno o varios cables tractores.

- F. Según el sistema de sujeción del vehículo al cable móvil, pueden ser instalación de pinza fija o instalación de pinza desmontable:
- Instalaciones de pinza fija. El elemento de acoplamiento está fijado de forma permanente al cable.



Figura 12. Pinza fija.

Nota: Obtenido de DOPPELMAYR (2010).

- Instalaciones de pinza desembragable. Son los elementos que permiten desconectar el vehículo del cable.



Figura 13. Pinza desembragable.

Nota: Obtenido de DOPPELMAYR, (2010).

- G. De acuerdo con el tipo de vehículo
Pueden ser vehículos cerrados o abiertos:

- Vehículos cerrados. Son instalaciones de cobertura total que protegen la carga o los pasajeros del clima
- Vehículos abiertos. Son instalaciones al descubierto que no pertenecen a la categoría anterior, como sillas y otros vehículos.

H. Según la situación del puesto de mando

Pueden ser:

- Hay un puesto de mando en la estación.
- Vehículo con puesto de mando.

I. Según la Finalidad de Transporte

En términos de flete, el propósito más típico es:

- En el ciclo de producción, el traslado de materiales a diferentes lugares de trabajo principalmente en la etapa inicial (el transporte de minerales desde el sitio de extracción hasta el primer tratamiento) o la final (transporte del producto desde la producción a centro de almacenamiento y carga).

Dichas conexiones se caracterizan por la uniformidad de carga, la regularidad del transporte y la permanencia de los equipos. Estos constituyen una forma común de transporte dentro de la industria, en caso de que la forma o la naturaleza del terreno (en relación con la distancia) lo haga superior a otros sistemas de transporte. Entre ellos se encuentran los blondines, que se suelen utilizar en aplicaciones como la construcción de presas.

- Transporte de carga entre estaciones terminales de otros sistemas de transporte (por ejemplo, la conexión entre un puerto y un nodo ferroviario, se puede conectar a otros sistemas a través de la naturaleza o los perfiles del terreno); esta conexión es estable y regularidad, por lo que es diferente de la conexión anterior.
- Transporte de materiales desde el fondo del valle hasta el taller en la montaña (por ejemplo, construcción de presas, conjuntos urbanos residenciales, grandes instalaciones de cables para el transporte de personas); esta conexión se caracteriza por

cambios de carga, discontinuidades en el transporte e instalación temporal.

Pero en casos especiales, también se utilizan para mantenimiento (planos basculantes de centrales hidroeléctricas) y servicio (suministro de centros residenciales) montañas.

- Transporte al valle de productos de montaña (madera, lácteos, etc.). Estas conexiones suelen ser temporales, bastante comunes y se realizan mediante una instalación muy sencilla y económica.

Si el objeto de transporte es para personas, el propósito puede ser:

- Enlaces de tipo urbano: Conecta los barrios del mismo núcleo de la ciudad (normalmente mediante teleféricos) o determinadas zonas de encuentro. Por ejemplo, use el centro de la ciudad como un estacionamiento (a través de un teleférico de dos cables o de un solo cable); o en un centro residencial remoto en una zona montañosa, hay carreteras o ferrocarriles en el fondo del valle (generalmente se utilizan pequeños teleféricos).
- Finalidades turísticas: Promocionar atractivos turísticos de difícil acceso o tránsito por otros medios de transporte. Esta mejora se obtiene a través de las instalaciones de transporte. Diseñado para permitir a los turistas llegar fácilmente a atracciones interesantes (como áreas panorámicas, estadios, etc.), o mediante arreglos de itinerarios panorámicos, como rutas con vista desde ciertas áreas de grandes parques nacionales, estas instalaciones suelen estar cubiertas con precisión por teleféricos individuales.
- Finalmente, deportivas: Entre estas finalidades destacan principalmente el traslado de los esquiadores desde su alojamiento a zonas aptas para la práctica de deportes de invierno (normalmente grandes ascensores columpios), y el cierre de la pista formado por la instalación de cables para esquiadores. Ascenso (generalmente un telesilla, telesilla) y preparar una o más pistas para el descenso.

- Transporte Laboral: Mediante este tipo de servicio, se reduce el impacto negativo del traslado de trabajadores del centro de acopio al lugar de trabajo, y se reduce el tiempo y energía de los trabajadores.

Suele utilizarse para la construcción y mantenimiento de presas o instalaciones de cable u otras instalaciones; o Para la extracción de minas de pendiente pequeña.

- Instalación equivalente al ascensor de servicio privado: En el caso de que la ubicación del punto a conectar no permita la instalación de ascensores, se trata de un servicio de transporte prestado a los usuarios, de forma similar y con la misma finalidad que los ascensores privados. En este caso, el remonte (incluido en el gabinete que rodea el hotel) estará abierto para huéspedes y clientes. El pequeño teleférico está conectado al pasaje público que conduce a los vecinos de varios edificios formados en la ladera, formando una comunidad. Lo mismo ocurre con un teleférico o telecabina, que conecta el teleférico con las villas y playas privadas que dominan el mar.

Tabla 1
Tipos de Transporte por Cable.

	Cables empleados			Movimiento				Portador (vehículo)					Unión						
	Transportador (un anillo)	Transportador (2 anillos)	Portante (sólo)	Portante y tractor	Tractor (sólo)	Reversible	Circulante continuo	Circulante intermitente	Cabina / góndola	Silla	Góndola abierta	Grupo de góndolas	Grupo de sillas	Grupo de góndolas abiertas	Trineos	Coches	Ninguno	Permanente	Temporal
Teleférico reversible	X			X		X		X		X	X			X				(X)	
Teleférico de vaivén				X		X		X		X	X			X				X	
Autopropulsados			X			X		X		X									
Teleféricos de grupo	X			X		X	X				X	X	X					X	X
Teleféricos circulantes	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Montacables 2 anillos DLM		X					X	X											X
Montacables doble DMC		X					X	X											X
"Funitel"		X					X	X											X
Sistema "3S"				X			X	X											X
Telecabinas (góndolas)	X	X		X			X	X		X	X		X					X	X
Telesillas	X						X		X			X						X	X
Telesquís	X					X	X								X			(X)	(X)
Ferrocarril funicular					X	X		X		X								X	(X)

Nota: Transporte por cable, de Orro, Novales y Rodrigues,

2003.

2.2.5. Descripción de los Distintos Tipos de Instalaciones

A. Funicular

Consiste en dos vehículos alternativos que se deslizan sobre la vía y están conectados entre sí por un cable llamado tractor. El cable se enrolla en la polea del cabrestante. La configuración más común es la línea de polea eléctrica en la estación superior y la estación inferior. Polea pasiva.

B. Teleféricos bicables

Consisten en uno o más vehículos que corren sobre los llamados cables de carga, generalmente con un contrapeso en un extremo, estos vehículos están conectados entre sí por un cable reenviado en una polea en cada instalación terminal.

C. Teleféricos mono cables

- **Telecabinas y telesillas:** Consisten en un solo cable llamado transportador (o transportador-tractor), que se cierra en un bucle y se mueve en una estación terminal a través de una polea accionada por un cabrestante motor y se equilibra en una de las terminales.
- **Funitel:** Si necesita una resistencia significativa al viento sin renunciar al sistema de un solo cable (desde un punto de vista, solo un tipo de cable puede realizar las funciones de un tractor y un portante).

D. Teleférico de grupo o pulsado

Se trata de un sistema de pinza fija, con lo que se tiene una gran simplicidad y coste muy reducido de las estaciones, existen también teleféricos pulsados bicables.

2.2.6. Otros Sistemas

A. El plano inclinado y el ascensor inclinado

Está constituido por un solo vehículo que sube o baja a lo largo de la vía, remolcado o frenado por un cable enrollado en la estación alta en el tambor de un cabrestante.

B. Las narrias y teletrineo

El teleférico terrestre es similar al teleférico de ferrocarril, la diferencia es que en la Narria el vehículo corre por vías naturales o asfaltadas, mientras que en el cable trineo el vehículo se desliza por la carretera nevada.

C. Los telesquís

Son para esquiadores, por medio de enganches adecuados para una o dos personas (llamadas perchas), se dejan arrastrar en la subida por un cable cerrado en anillos generalmente en movimiento continuo (Orro, Novales y Rodríguez, 2003).

2.2.7. Generalidades Sobre Las Instalaciones

A continuación, se procede a adoptar características y legislaturas tecnológicas para la erección de sistemas de transporte por cable aéreo o teleféricos (MIRAVETE, et al, 1998, Pág. 537):

A. Trazado

La ubicación de un teleférico se realiza teniendo en cuenta que tanto las instalaciones como la seguridad del servicio estén libres de cualquier tipo de avalanchas o desprendimientos. Para su trazado se seleccionan siempre formas rectilíneas, permitiéndose una desviación máxima por apoyo de 30°. En las instalaciones de movimiento continuo la inclinación del cable entre dos apoyos consecutivos no podrá superar el 100 por 100, salvo en tramos cortos, justificando debidamente la pendiente adoptada, y siempre que la evacuación de los viajeros lo permita.

B. Dimensionamiento

A continuación, se describe el tamaño o espaciamiento que debe existir entre elementos externos al sistema y los componentes del sistema y entre los mismos componentes del sistema para evitar posibles inconvenientes:

- Gálibo transversal: Bajo cualquier condición de carga, y teniendo en cuenta que el espacio libre lateral mínimo entre cualquier objeto distinto de la posición de instalación o

elemento fijo o cable en la posición más desfavorable es de 0,5 metros mínimamente.

Para

- Gálibo longitudinal: Tome el galibo correspondiente al cambio de 35° de la vertical. Para vehículos abiertos, este valor es el mismo, pero se tiene en cuenta el espacio ocupado por los pasajeros.

C. Alturas de funcionamiento

Se usa: en el transporte de personas, la distancia máxima al suelo en vertical está condicionada por las posibilidades de salvamento y por la naturaleza de los vehículos (abiertos o cerrados); En instalaciones para transportar carga, se admite una altura ilimitada que se mide desde el punto más bajo de un vehículo.

D. Velocidades de marcha en los vehículos

Para sistemas de cable dual con movimiento alternativo, que incluye cabinas 10 m/s Y cabina no tripulada de 6 m / s. En el caso de un bolardo, estas velocidades se reducirán. Para sistemas de un solo cable: 6 m / s, si hay un bolardo en la cabina no acompañada, la velocidad se reducirá. Para cables intermitentes de doble cierre, el circuito cerrado va acompañado de una cabina de 7 m / s, mientras que en una cabina no tripulada: 5 m / s

Para cables duales con movimiento continuo y acoplamiento automático de 3,5 m / s, para cables unipolares con acoplamiento automático de 3,5 m / s, se permite un aumento del 15% en circunstancias especiales. En un solo cable con una velocidad de acoplamiento fija de 2 a 2,5 m / s.

E. Solicitaciones y condiciones de apoyo

El valor máximo de carga depende del vehículo. Para un vehículo unidireccional con pernos fijos, es de 2 a 4 pasajeros, con pernos automáticos, 6 pasajeros con movimiento alternativo no acompañado, 15 pasajeros y sin restricciones para los acompañantes.

Se puede concluir de la misma manera que un sistema de movimiento continuo o unidireccional puede transportar menos carga por vehículo que un sistema de vaivén.

Se establece las condiciones de soporte de acuerdo con el tipo de sistema de cables utilizado. Para el sistema de doble vía, debido a la presión aplicada, la altura del bolardo y las condiciones de apoyo deben asegurar el apoyo del cable de vía sobre el miembro de soporte.

Asegurando permanentemente el contacto entre los dos, incluso en el peor de los casos, la tensión máxima previsible se incrementa en un 40%, y debido al viento ascendente, también se aplicará al elemento de apoyo, calculando así el elemento de apoyo. La carga mínima de la vía del cable. Presión del cable 50 kg / m².

En un sistema de una sola línea con movimiento uniforme y condiciones más desfavorables, se debe considerar que la carga total en cada bolardo no debe ser menor que el resultado expresado en metros, el cual se determina comparando los bolarados considerados. Se obtiene sumando las longitudes de los vanos adyacentes. Mínimo 200 kg.

Debe tenerse en cuenta que la carga unitaria de la polea del bolardo es de al menos 50 kg, y en ocasiones la carga que puede soportar es de 40 kg. Cuando la tensión en el cable que se mueve uniformemente aumenta en un 40%, se debe garantizar la estabilidad del cable en el bolardo.

F. Seguridad

Se debe anticipar cualquier tipo de evento para que el sistema sea lo más seguro posible:

- Cruces: En trabajos normales de servicio, construcción, mantenimiento o salvamento que crucen y/o sean paralelos a ferrocarriles, carreteras, caminos, teleféricos y líneas eléctricas, no debe haber posibilidad de interferencia o peligro mutuo.
- Zonas de peligro: Evite las áreas afectadas por deslizamientos de tierra, caída de rocas, tormentas, inundaciones, terremotos, etc. Y cerca de los aeródromos se han tomado zonas normales

de baja altitud y una serie de otros peligros o medidas, como muros de contención, medidas de protección adecuada, señalización, iluminación, etc.

- Iluminación de las instalaciones: Para los servicios diurnos, se requiere una iluminación adecuada en situaciones de emergencia. Para el servicio nocturno, existe un dispositivo de iluminación permanente en el que no habrá puntos de deslumbramiento o luz insuficiente que provoquen zonas peligrosas.

2.2.8. Materiales

A. Cable de acero

Está compuesto de elementos que transmiten fuerzas, movimientos y energía entre dos puntos, para lograr un fin deseado. Son ampliamente utilizados en la mayoría de actividades industriales, así los encontramos formando parte de los equipos para la manipulación y sujeción de cargas (grúas, cabrestantes, eslingas, etc.). Incluso en el transporte de personas (teleféricos y ascensores).

B. Alma o núcleo

El alma del cable es el soporte de tamaño y consistencia apta para ofrecer un apoyo firme a los cordones, de modo que, incluso a la máxima carga no lleguen a entallarse los alambres de los cordones entre sí.

Generalmente, el alma de los cables es de fibra textil, siempre y cuando no se trabajen en ambientes con un elevado porcentaje de humedad y elevadas temperaturas, ya que estos factores difieren con la resistencia del alma, haciéndola débil hasta punto tal que se pueda cortar. Para ello, se utilizan almas metálicas, que no se ven afectadas con estos últimos factores, por la característica climática es recomendable alma de acero.

C. Notación

La composición de un cable viene expresada por una notación compuesta de tres cifras, por ejemplo 6x19+1 Seale. La primera indica el número de cordones del cable, la segunda el número de

alambres de cada cordón y la tercera el número de almas textiles. La palabra Seale indica una disposición especial de los cordones, que veremos en las clases de arrollamientos.

D. Arrollamiento

Los alambres de los cordones están colocados en forma de hélice alrededor de un alambre central, formando una o más capas.

El paso del cordón es la longitud que abarca una vuelta completa del alambre alrededor de su núcleo central. Esta distancia se mide paralelamente al eje del cordón. En los cables corrientes, las distintas capas de alambres que forman los cordones tienen pasos diferentes.

Los cordones, a su vez están colocados en el cable en forma de hélice alrededor del alma. El paso de hélice que describe un cordón es el paso del cable, el enrollado se realizara a la derecha por lo tanto los torones irán a la izquierda.

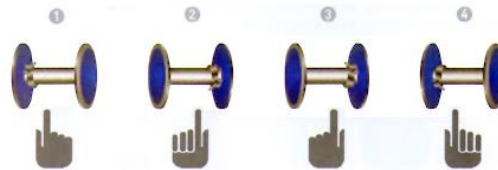


Figura 14. Diagrama de tambor de enrolamiento del Cable de Acero.

Nota: Obtenido de Izajes y transmisiones SAC.

E. Partes del cable de acero

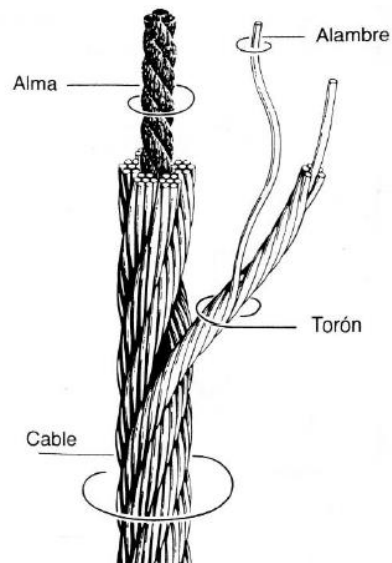


Figura 15. Diagrama de Producción del Cable de Acero: alambre, torón, alma y cable.

Nota: Obtenido de Cimatel Importaciones S.R.L., (2019)

- Alambres. Se estira reduciendo el diámetro del alambre, se obtiene aplicando fuerza axial, para pasar por el molde o dados.
- El rendimiento del alambre depende básicamente de su composición química, microestructura, contenido de inclusión, tamaño de grano, segregación y condiciones de procesamiento.
- Todos los cables deben cumplir los requisitos especificados en la norma ASTM A 1007, JIS G 3525, API 9 A, RRW 410 F, ISO 2232.
- Torones. Están compuestos por alambres del mismo o diferente diámetro y están enrollados en espiral en el núcleo central.
- Alma. El alambre central o eje central del cable, el alambre trenzado se enrolla alrededor del eje central. Utilice núcleo de acero, fibra natural o sintética dependiendo la necesidad de uso.

2.2.9. Clasificación de los cables de acero

Se clasifican según su diámetro, número de torones, número de alambres, tipo de alma o núcleo y construcción Emocables (2010):

A. Torón común de capa simple

El más común de construcción de capa simple es el torón de siete alambres. Tiene un alambre central y seis alambres que lo rodean. La composición más común es $1+6=7$ (ver figura16).

B. Torón Seale

En la última capa tiene alambres de mayor diámetro que la interior, dándole al Torón mayor resistencia a la abrasión. La composición más común es $1+9+9=19$ (ver figura16).

C. Torón Filler

Se distingue por tener entre dos capas de alambres, otros hilos más finos que rellenan los espacios existentes entre las mismas. Este tipo de torón se utiliza cuando se necesita usar cables con un área de sección transversal de metal más grande y buena resistencia a la compresión. La composición más común es $1+6/6+12=25$ (ver figura16).

D. Torón Warrington

Se caracteriza por tener una capa exterior formada por dos diámetros diferentes de alambres metálicos, de manera que sus posiciones en la corona cambian alternativamente. El tipo de torón más usado es $1+6+6/6=19$ (ver figura16).

E. Torón Warrington Seale

Es una combinación de los mencionados anteriormente y combina las mejores características de los dos: la combinación de alambres internos delgados proporciona flexibilidad, mientras que la última capa de alambres relativamente gruesos brinda resistencia al desgaste. La construcción más usual es $1+7+7/7+14=36$ (ver figura16).

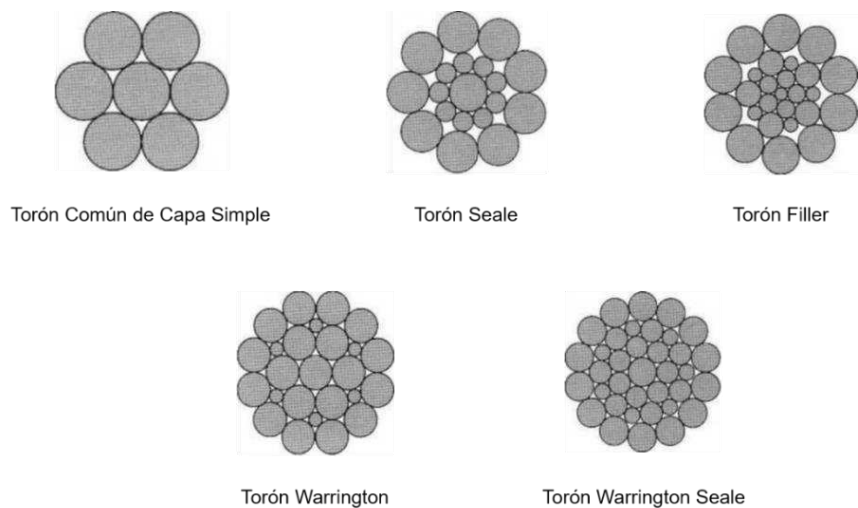


Figura 16. Clasificación de los cables de acero.

Nota: Obtenido de AG continental (2010).

2.2.10. Clases de arrollamiento

Los cables pueden tener arrollamiento cruzado o lang:

A. Arrollamiento cruzado

La dirección de enrollado del alambre es opuesta a la dirección en la que se forma el alambre.

- Ventajas:

Más fácil de manejar que los cables lang. Tiene menos tendencia a retorcerse. Debido a su estructura, es más resistente al aplastamiento y la deformación.

- Inconvenientes:

Baja resistencia a la fricción debido a su pequeña superficie de contacto con la polea.

B. Arrollamiento lang

Los alambres del cordón y los cordones del cable están enrollados en la misma dirección.

- Ventajas:

Tienen buena resistencia al desgaste. Más flexible que los cables cruzados.

- Inconvenientes:

Debe manipularse con cuidado para evitar formar "nudos". Tiene una gran tendencia a desenrollarse (para evitar el desenrollo, los cables deben estar preformados).

2.2.11. Almas de cables

Es un soporte interior destinado a que los cordones, bajo la carga y presiones de trabajo, no pierdan su apoyo y posición, y los alambres de dos cordones adyacentes no se entallen entre sí. Pueden ser de fibra o acero según Espinoza y Aristizabal (2005):

A. Alma de fibra

Son cuerdas de fibras vegetales resistentes, ricas en grasas especiales.

- Características

Proporciona un asiento flexible para los cordones y evita el desgaste causado por la fricción y los espacios entre los diferentes cordones. Constituye un depósito de lubricante para asegurar una lubricación interna a largo plazo. Incrementa la elasticidad y flexibilidad del cable. No resistente a altas temperaturas.

B. Alma de acero

Según los requisitos de trabajo, el núcleo de acero consta de otro cable formado por un alambre o alambre flexible.

- Características

Resistente a roturas. Muy adecuado para su uso en instalaciones exteriores. No permite mucha flexibilidad.

2.2.12. Cables en teleféricos

A continuación, se describen los tipos de cables y sus dimensionamientos para sistemas de transporte tipo teleféricos Miravete de Marco (1998):

Los cables carril son de alma de acero, cerrados y no tienen empalmes. En algunas ocasiones se utilizan cables anti-giratorios. Mientras que los cables tractores, de transporte y los contra-cables son de acero de tipo flexible de cordones y galvanizados y con arrollamiento de igual paso. Los cables de tensión son especialmente flexibles, no siendo de capas múltiples de cordones salvo en el caso del uso de poleas de gran diámetro o trenes de rodillos.

2.2.13. Elementos de apoyo

Son elementos verticales, sirven como sustento del cable carril y el cable motor, que a la vez permiten la circulación del vehículo. Deben absorber las deformaciones en los cables. (Vargas, 2011)

2.2.14. Vehículo o cabina

Es un elemento de transporte de personas y su equipaje, su diseño debe proporcionar una operación conveniente, comodidad y seguridad, cuentan con cierre de seguridad en puertas, para evitar aperturas involuntarias o voluntarias, disponen de ventilación, amortiguador, panel solar, batería, estructura de aluminio y persianas de ventilación para mayor comodidad.

Cuentan con pinza de sujeción fija, no cuentan con freno puesto que todo control se realiza de la cabina de control central. Se recomienda usar cabinas DIAMOND, porque está diseñada para albergar de 4 a 20 personas, los pasajeros pueden viajar de pie o sentados durante todo el recorrido, las mismas pueden ser reutilizadas en sistemas nuevos o en la etapa de renovación. Tienen un peso aproximado de 600 kg.



Ventanas



Figura 17. Cabinas de teleférico DIAMOND.

Nota: Obtenido de Catalogo exclusivo solo clientes.

2.2.15. Anclajes

Son tipos especiales de cimentación, diseñadas para resistir una fuerza de tensión lateral o hacia arriba transmitida al suelo.

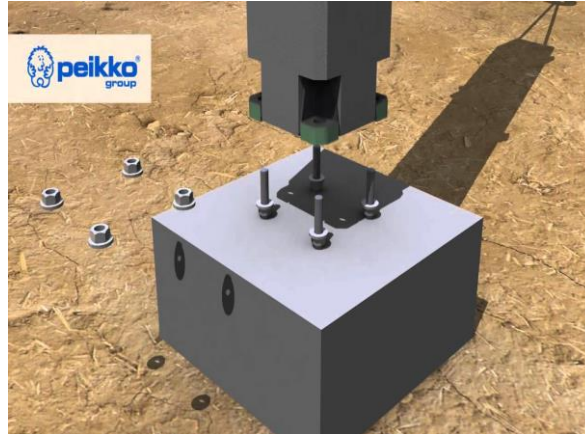


Figura 18. Anclaje Peikko.

Nota: Tornillos de anclaje de acero de alta resistencia con gran capacidad. Los tornillos de anclaje PPM se utilizan con pies de pilar PEC, pies de pared SUMO y pies de viga RBC, o incluso con fijaciones de maquinaria y pilares metálicos. Obtenido de PeikkoGroupCorp (2011).

2.2.16. Sistema motriz

El propósito de este sistema es proporcionar la energía mecánica necesaria para mover los cables de transmisión y los vehículos. En algunos casos, consta del motor, mecanismo de transmisión de potencia, ejes, frenos y tambores.

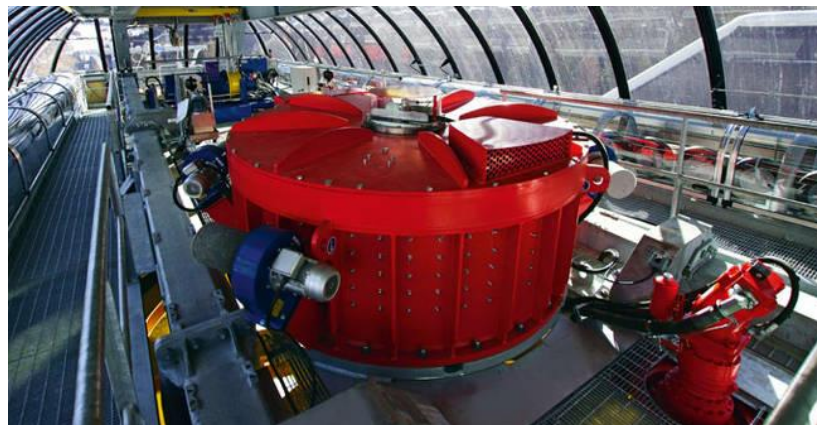


Figura 19. Motor de teleférico.

Nota: Obtenido de LEITNER ROPEWAYS, (2013).

Dependiendo de las necesidades específicas del proyecto, la motriz se puede ubicar tanto en la estación inferior o superior, en

configuración enterrada o aérea, en las variantes motriz fija o motriz tensora. (Fuente: leitner-ropeways).

2.2.17. Componentes Estructurales

A. Sistema de cables

En el teleférico, del soporte es responsable el cable fijo y de la transmisión de potencia del cable cinético.



Figura 20. Sistema de tres cables.

Nota: Funicular Fansipan Sa PA, que llevará a los turistas desde el valle Muong Hoa a la montaña Fansipan en la provincia de Lao Cai, fue presentado en una ceremonia el martes con representantes del Guinness World Records. Obtenido de Agencia EFE (2016).

B. Sistemas de apoyo

Pueden ser aporticados, torres o columnas, no importa qué solución se elija, pueden tener las siguientes condiciones de operación:

- Elemento pendular: Es un componente isostático, simplemente apoyado en su base y conectado al cable del riel en la parte superior.
- Elemento rígido: En su parte superior hay una parte mecánica llamada quelonio, que puede absorber deformaciones en el cable. Está incrustado en su base y se mueve en el plano horizontal mediante rodillos.
- Elemento flexible: La absorción de la deformación del cable depende del material de soporte.

C. Anclajes

- Bloques de anclaje: Son similares a las paredes enterradas en el suelo; su capacidad está determinada por la capacidad de carga causada por la presión pasiva del suelo y / o el peso del bloque.
- Barras de anclaje: Su capacidad está definida por la fricción o esfuerzo cortante que se desarrolla a lo largo del cilindro de hormigón de anclaje.

D. Cable

Es un elemento mecánico que formado por un conjunto de alambres o hilos de acero, forman un todo como elemento de trabajo.

E. Torres

Son elementos de soporte estructural con las siguientes funciones:

- Para sostener los cables de transporte a lo largo del recorrido, existe un elemento transversal en la parte superior de cada torre, en cada extremo, el sistema de poleas se desliza sobre el elemento transversal y el cable de transporte se desliza aquí.
- Hacer que el cable tenga una cierta altura de trabajo para evitar que el vehículo tractor choque con obstáculos en el camino.
- Elementos de fijación de sistemas auxiliares como parte del sistema de teleférico.



Figura 21. Torre de teleféricos.

Nota: Torres que sostienen los cables del teleférico de Oasis, Tupahue y Cumbre, en Santiago de Chile. Obtenido de Google imágenes(2013).

F. Cimentación

La cimentación puede definirse en general como el conjunto de elementos de cualquier estructura, cuya misión es transmitir al terreno que la soportan las acciones procedentes de la estructura.

G. Estaciones

Los sistemas de teleférico requieren como mínimo dos estaciones. Una estación se construye en el punto de inicio del teleférico y el otro en su punto final. En cuanto a los aspectos técnicos de un teleférico, el motor, los frenos de servicio no se sitúan en el vehículo sino directamente en la estación, en caso de tablero de mando se puede instalar directamente en la cabina.

Cada sitio es un ejemplo único, gracias a su integración individual con la naturaleza y las diferentes características del terreno y la propia instalación.

2.2.18. Parámetros de diseño

A. Emplazamiento

Las instalaciones relacionadas con las estaciones y el método de selección de las torres de soporte no deben verse amenazadas por desastres naturales como deslizamientos, desprendimientos de tierra.

Tabla 2 Adecuación de Vonroll

	Vehículos					Trazado	Aplicaciones en transporte de personas						
	Desde	Velocidad máxima (m/s)	Capacidad horaria máxima (viajeros/hora por sentido)	Tipo	Capacidad vehículo (personas)	Pendiente máxima (%)	Alineaciones	Turismo de verano	Turismo de invierno	Transporte urbano	Complejos de ocio	Paquetes de atracciones, parques zoológicos, exposiciones	Transporte de materiales
Telecabinas	1945	6	más de 3000	Cabinas cerradas	12	100	Rectas, curvas en estaciones de ángulo	X	X	X	X	X	-
Telesillas desplegable	1945	5	más de 2800	Sillas abiertas o cerradas	4	100	Rectas, curvas, polig. En estaciones de ángulo	X	X		X	X	-
Telesilla fijo	1954	2.3	más de 1800	Sillas abiertas	4	100	Rectas, curvas, polig. En estaciones de ángulo	X	X		X	X	
Telesquí	1956	3.5	más de 1200	Perchas	2	90	Curvas, poligonales		X				
Sistema Tricable 3S	1990	8	más de 3000	Cabinas cerradas	30	100 y más	Rectas, curvas, polig. En estaciones de ángulo	X	X	X	X	X	X
Teleférico de vaivén	1908	12.5	más de 1500	Cabinas cerradas	más de 150	100 y más	Rectas	X	X	X	X	X	X
Funicular	1897	12	5000	Coches, trenes	125/500 y más	100 y más	Rectas o curvas	X	X	X	X	X	-

Nota: Transporte por cable, de Orro, Novales y Rodrigues, 2003.

B. Trazado

Se intenta que la trayectoria sea recta, pero, en circunstancias razonables y siempre que la torre de soporte garantice la estabilidad del sistema durante la operación y cuando esté fuera de uso, se pueden permitir desviaciones.

C. Perfil

El trazado de la ruta debe ser lo más regular posible, la pendiente no debe superar los 45 °, excepto en algún tramo corto siempre que exista suficiente espacio de evacuación en el tramo.

D. Distancia mínima del suelo

Deben superar los siguientes valores mínimos, excepto cerca de estaciones.

- En terreno difícil: 2 metros.
- En terreno despejado: 3 metros.

2.2.19. Otras características de la zona

A. Ubicación del Estudio

El distrito peruano de San Cristóbal – Calacoa es uno de los 6 distritos de la Provincia de Mariscal Nieto, ubicada en el Departamento de Moquegua, bajo la administración del Gobierno regional de Moquegua, en el sur del Perú.

El distrito fue creado mediante Ley N° 9940 del 31 de enero de 1944, en el gobierno de presidente Manuel Prado Ugarteche. La capital del distrito es la población de Calacoa ubicada a 3458 msnm.



Figura 22. San Cristóbal – Calacoa.

Nota: Zona de Estudio. Obtenido de XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos Sociedad Geológica del Perú.

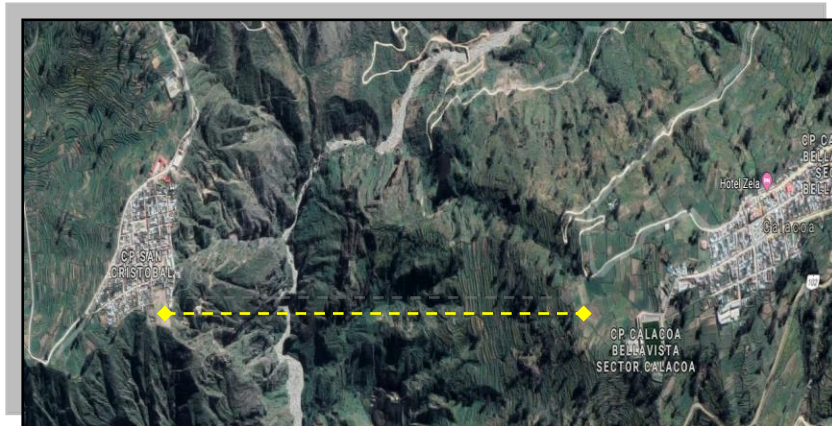


Figura 23. Trazado autoridad propia.

Nota: Elaborado por el autor, Obtenido de Google Earth Pro (2019).

B. Clima del lugar

El clima del departamento es templado en la costa y se caracteriza por su uniformidad durante el año, variando la temperatura promedio entre 14°C (agosto) y 25°C (febrero); zona de la costa cercana a la cordillera, presenta un clima desértico y seco que se prolonga hasta la región Andina. En la zona de la sierra el clima es templado en los valles interandinos, en las punas el clima es frío glacial llegando a varios grados bajo cero durante las noches.

Las lluvias son escasas en la costa y en las partes bajas de la región andina; en las partes altas las precipitaciones no pasan de los 500 mm anuales.

- El distrito de San Cristóbal 3458 m s. n. m. por lo que le corresponde un clima frío.

C. Accesibilidad

Calacoa se encuentra a 140 kilómetros de la ciudad de Moquegua a una altitud de 3,100 m s. metros al noreste, camino a Puno. Los primeros 50 kilómetros son pistas asfaltadas en buen estado y el

resto son pistas sin asfaltar. El camino al pueblo de San Cristóbal asciende a 4,000 m.

El camino hacia estos recursos es un paisaje árido y monótono. De Torata, hay que conducir hacia el noreste y ascender a una altura de 4.300 m s. desde allí se puede ver el volcán Ubinas, luego se desciende hasta llegar al Cañón de Carumas, desde allí se tardan unos 20 kilómetros hasta Calacoa.

El pueblo de Calacoa sobre el desfiladero tiene transporte de moto, y el géiser San Cristóbal está ubicado en la orilla del río Putina en el fondo del desfiladero.

D. Coordenadas geográficas

En grados, minutos y decimales

- 16° 44' 21.79" S, 70° 41' 0.81" O

En grados decimales

- Latitud -16.739386°, longitud -70.683559°

E. Ubicación geopolítica

Norte : Distrito de Chojata.

Sur : Distrito de Cuchumbaya, Carumas.

Oeste : Distrito de Quinistaquilla, Cuchumbata.

Este : Puno.

- Acceso: Via Moquegua San Cristobal a la capital del distrito carretera y sus accesos a los anexos vía trocha carrozable.

F. Geología de la zona de estudio

El distrito de San Cristóbal – Calacoa, se encuentra dentro del cuadrante geológico de Omate perteneciendo a las edades Cretaceo Medio y Terciario Inferior. Teniendo por Formación Volcánico Matalaque y Formación Pichu.

- Formación Volcánico Matalaque: es una escena de rompientes fervientes constituidas por riesgos andesíticos, dacíticos y traquíticos, con algunas intercalaciones de angosturas de derramamiento y esmirriados desechos gredosos recargados, que afloran en el cuadrángulo de Omate. Afloramientos excelsos de una unidad se exponen en el intervalo ámbito y

superior del río del tambo, en el lado derecho del valle de Carumas y en la quebrada Pachas.

Esta sección en el valle de Carumas suprayace concordantemente a los clastos del conjunto Yura e intrayace en chirrida a la columna Omoye. En el afloramiento del río tambo, la vinculación inferior es literal y encontrándose cortado en casi toda su argumentación por un intrusivo de natura granodiorítica. Intrayase discordantemente al magmático toquepala y a las areniscas y gredas de la educación Jahuay. En la quebrada pachas suprayace en debilitado cacofonía a la hilera Socosani e infrayace en chirrida angular a las películas rojas de Jahuay.

- Secuencia litológica en la quebrada pachas: La pedestal está constituida por derramamientos andesíticos frondosos de color gris verdoso con guita afanítica, en la que destacan lentes de homblenda encuadrados paralelamente al contacto; hacia en lo alto continúan magmas pardo-rojizas dacítica, que pasan a un aglomerado de color rojizo a chocolate con canteras de calcita y conglomerados gruesos con clastos de calidad magmática que alcanzan a un 16 cm. De eje, con predominio de clastos de 3 a 4 cm. Distribuidos en religiosa areno – tufacea.

Los intervalos superiores de la quebrada, el conglomerado tiene hábitats más gruesos que llegan inclusive 80 cm. o más. El conglomerado es discoidal y tribuna a un atadijode areniscas de coloración verdosa con intercalaciones de riegos andesíticos de equivalente coloración. Estos flujos se caracterizan por comentar un alto peso de epidota, y las areniscas se hallan poco asentadas y tienen absceso grueso a aire que se hace más atractivo hacia los escalones superiores.

- la escena observada en el río tambo a la alzada de palta rume es la subsiguiente: en la pata, areniscas verdes de absceso estilizado a regular, estratificadas en capaz delgadas, luego flujos dacíticos verde grisáceo a verde.

Finalmente, en el remate se expone un conglomerado grueso. Los flujos andesíticos tienen una barra anfanítica con pobres fenos de homblenda y calidad masiva en gran medida

resistente a la erosión, presentándose en banquillos 3 a 4 m de espesor. toda la área está agachada por malecones aplíticos.

- Formación Pichu e intercalaciones lacustres

El nombre fue introducido por Marocco y Del pino (1966). Está representado por conglomerados y brechas de color verde violáceo, intercaladas con escasas areniscas conglomeradas de matriz tufacea de colores predominantemente verde a crema-amarillento.

Los conglomerados y las brechas están compuestas por elementos de naturaleza mayormente volcánica de composición andesítica con menores proporciones de rocas intrusivas, cuarcitas y algo de calizas. Los clastos son sub-redondeados, tienen tamaño variable alcanzando hasta 50 cm. de diámetro, con predominio de clastos de 4 a 8 cm. que están en una matriz areno-tufacea de composición feldespática de grano fino a medio.

Las intercalaciones son de grano fino a medio con abundantes feldespatos (grauvacas o sub-grauvacas) con algunas gradaciones de limolitas. Estos clásticos se caracterizan por ser livianos muy compactos, presentándose bien estratificadas en capas delgadas de 20 a 30 cm. En estas rocas se encuentran restos mal conservados de plantas ligeramente silicificadas.

Estratigráficamente, suprayacen en discordancia angular bien definida al volcánico matalaque, e infrayacen con la misma relación al volcánico tacaza o formaciones más recientes. Su grosor máximo dentro de los cuadrángulos estudiados se presume que sea de 700 m.

Estructuralmente, presenta plegamientos tipo monoculares y sinclinales con un grado de deformación mucho menor que el de las formaciones subyacentes.

La formación Pichu es típicamente continental ofreciendo grandes variaciones laterales. Su deposición se habría originado por una rápida erosión y transporte de material de los lugares altos lo cual impidió una buena selección de los constituyentes, razón por la cual la secuencia presenta indistintamente en un mismo banco tantos elementos angulosos como esta formación, pues las areniscas de los niveles superiores también presentan similares características.

G. Geología regional de Moquegua

Geológicamente la zona de estudio está ubicada en la Región Sur Occidental de los Andes y la Llanura costanera, a una altura promedio de 2,200 m.s.n.m. (Provincia de Mariscal Nieto).

Esta zona se encuentra entre el flanco andino y la llanura costanera, de los cuales el primero está conformado por rocas volcánicas del cretáceo superior y del terciario inferior, denominada como formación Moquegua. Este grupo es compuesto por riolitas, andesitas. Este grupo es compuesto por riolitas, andesitas, dacitas y flujos piroclásticos (Formación Toquepala), y la Formación Moquegua está constituida por lutitas, areniscas arcósicas y limolitas (Moquegua Inferior); conglomerados y areniscas arcósicas y tufáceas (Moquegua Superior).

La zona media de la ciudad de Moquegua está sentada sobre la formación "Moquegua Inferior" y la zona alta sobre la formación "Moquegua Superior", la parte baja está ubicada sobre depósitos cuaternarios recientes.

La Formación Moquegua tiene una ondulación que presenta un extenso plano inclinado en la dirección Sur Oeste, con un ángulo de 0° a 12° y con rumbo NO-SE. Muy próximo a la zona de estudio existe un sistema de fallamiento regional denominado Inkapuquio con rumbo NO-SE que transcurre paralelo al flanco andino; a su vez, por ser una geoforma escarpada con dirección coincidente al fallamiento, las laderas del Sur Oeste de los cerros Los Angeles, Estuquiña y Huarancane

posiblemente sean la prolongación de dicha falla. La Fig 1 muestra el mapa de geología superficial de la zona de estudio.

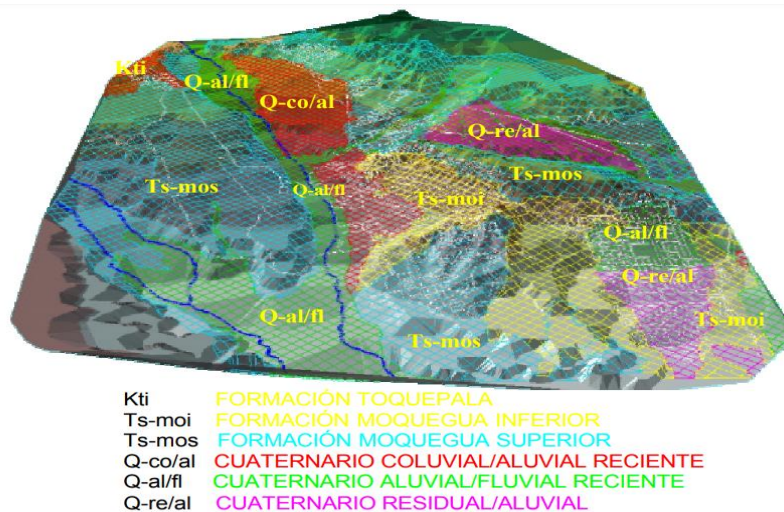


Figura 24. Mapa de geología superficial de la ciudad de Moquegua.

H. Geomorfología de la región Moquegua

- Llanura Costanera

Toda la parte sur del cuadrángulo es un yuntamiento compacto y arido, constituido por comercios clásticos semi-consolidados de la educación moquegua

Toda la parte sur del cuadrángulo es un ayuntamiento compacto y arido, constituido por comercios clásticos semi-consolidados de la educación Moquegua, del terciario superior.

La columna Moquegua, que fundamentalmente constituye la explanada costanera se supone como el redundado del algodón de una ribera longitudinal real entre la prisión costanera y el queso de los andes.

La inclinación municipal que notificación, así como las flexuras que la afectan deben haberse originado en reseña con el balance ascensional de los Andes y el reajuste de las grandes faltas longitudinales del Frente Andino, que facilitaron en parte dichos alborotos.

Entre la meseta Pascana al abecé del Frente Andino y el Cerro Cabras que se ubica en la cumbre So del cuadrángulo, la Llanura Costanera tienen de 5° a 6° de inclinación, en una extensión de 18 km y 1,200 m. de diferencia vertical.

La Llanura Costanera se encuentra disectada por abundantes quebradas profundas y sequías, verdaderos morteros que corren en orientación So. Las unidades llanas entre dos quebradas contiguas reciben la denominación de “pampas”. Cada quebrada veterana tiene ricos impositivos que surcan las diversas llanuras formando un drenaje dentrítico complicado y de difícil acercamiento. El horizonte típicamente es de “tierras malas”.

I. Flanco Andino

Al este y nordeste de la Llanura Costanera se extiende el Flanco Andino, cuya parte principal atraviesa diagonalmente el cuadrángulo. Es un baile formado de piedras magmáticas y macizos intrusivos. En conjunto colección una orografía abrupta y bastante disectada.

El borne entre las dos unidades geomorfológicas es limpio; consiste en un crecimiento eminente de pendiente, que va de una relativamente apocado, en las explanadas de la ribera, a otra bastante rígida en la parte baja y frontal del Flanco Andino. Al sureste del val de Moquegua el altibajo de pendiente sigue un lineamiento acertadamente definido No-se; en tanto que al nordeste del mismo val las estribaciones andinas terminan en una cuesta de gestión este occidente, tal como se aprecia en la parte frontal de los follajes Los Ángeles. Estuquina y Huarcané, que se levantan a corta espaciosidad al ideal de la capital de Moquegua.

En el Flanco Andino del cuadrángulo de Moquegua se distinguen dos configuraciones: La parte baja, que se desarrolla en un santiamén seguidamente de la Llanura costanera, es un dominio de fuerte pendiente y de geodesia desconcertante que se eleva rápido incluso cotas de 3,100 a 3,400 m.s.n.m. en esta tira del flanco andino destacan entre otros aspectos los subsiguientes perfiles morfológicos:

La cuneta del área de Torata que es un graderío de rozadura un graderío de rozadura fluvial, está estrecha por la línea de picos de los follajes Los Ángeles, Estuquiña y Huaracane, por el dique del C° Huanaco, y por laderas montañosas de Otorá, Paralaque y del lugar Torata.

Los regatos El Chical, Otorá, Chujulay y Torata, atraviesan la cuneta en morteros de cursos poco rebuscados. El adoquinado de la rodera es de piedra magmática, aunque, hay sobrantes de la gestación Moquegua, como la porción del montículo Baúl en el sotabanco oriental, el afloramiento del monte San Miguel en el medio, y el dique de Cerro Huanaco en el poniente, todo lo cual hace presentir que han sido completamente movidos por abrasión.

Entre otros faces en la unidad baja del Flanco Andino, destacan algunos altoz de laderas (C° Trebolar, C° Cruz Laca, C° Yarito, etc); ciertos diques de crestas afiladas, especialmente los que se desarrollan entre dos quebradas confinantes y innumerables quebradas angostas, profundas, que imprimen al horizonte su ademan quebrado e irregular.

Toda la parte sur del cuadrángulo es un ayuntamiento compacto y árido, constituido por comercios clásicos semi-consolidados. La parte del flanco andino, que sigue en seguida el frente fragoso empinado.

La meseta del Medio (en el borde oriental), la explanada Tolar, el Alto de Tala, la parte superior de los follajes Botiflaca, Camaca y otros son rezagos de una envoltura antigua de de escoriación recubiertos por los efluvios Huaylillas y separadas, unas de otras, por las profundas quebradas que la atraviesan. En conjunto la tajada que tratamos se visualiza como una aparadora de vasto variable que se desarrolla delante de la lista de conos eruptivos.

Evidentemente se negociación de una envoltura de erosión antigua labrada en las piedras magmáticas del orden Toquepala que se reconoce más allá de los extremos del cuadrángulo. Hacia el No se extiende en el cuadrángulo de Omate (meseta de Jahuay) y al Se en el de Tarata.

El borde de la estante queda a cotas de 3,200 a 3,400 m., en partes esta balizado por una linaje de abismos de escoriación, de halo irregularar.

Es conocido que la aludida cara de erosión se extendía hacia la ribera mullidamente inclinada; el hecho está delimitado las alturas casi llanas de copiosos altozanos del frente andino, que idealmente reconstruidas corresponden a la misma extensión que viene a rematar en el borde de las mesetas costaneras.

La citada cara fue extensamente marquesina por los olores de la formación huaylillas, tal como nos indican los sobrantes reservados. Tanto la contenida de brasion como su funda se pierden hacia el este y nordeste, por abajo de los conos fervientes que se yerguen en el extremo Ne del cuadrángulo. En final, la costada proporcionadamente enfilada y de pendiente, la costada proporcionadamente enfilada y de pendiente dibujada de la parte baja del flnco andino.

J. Cadena de Conos Volcánicos

En el borde occidental de la altiplanicie austral, desde los 16 ° de espaciosidad hacia el sur, se desarrolla una toga escarpada en formación por una rotación de conos eruptivos, a la que denominamos cadena de conos volcánicos.

La Cadena Volcánica tiene un horizontal de 20 a 30 km con viento No-se; en parte coincide con la Divisoria Continental y en grandes bordes queda poco más al poniente de complacencia línea. En la lata de Moquegua la Cadena de Conos Volcánicos pasa por la misma arista nordeste del cuadrángulo. Allí se levantan los volcanes Arundane y Chuquiamanta, cuyos cráteres se ubican afuera del área de bufé.

Los lados de los volcanes antedichos ascienden de forma contemporizadora en las partes bajas y luego mas abruptamente. Toda la superficie impetuosa ha sido engolada por la laciacion cuaternaria. Rasgos morfológicos de excoriación glaciar omo circos, envolturas ruosas, cortas lagunas en vasijas intrincadas, con espolones morrenicos y cretas filudas.

La dirección No-se, que tiene la Cadena de Conos Volcánicos he actuado mordisquear a innumerables trabajadores, que los emporios de sarpullida se encuentran a lo largo de una demarcación de equivocación o área de lasitud, alineada barrera al borde occidental del altiplanicie, en apariencia paralela al margen del sereno.

K. Sismicidad de la región Moquegua

La actividad sísmica de Perú tiene origen en el proceso de subcomisión de la placa de nazca bajo la sudamericana, presente de norte a sur en su oeste, con una velocidad relativa del orden 8-10 cm/año. Como resultado de este proceso continuo, en el continente se ha formado la cordillera andina en diferentes etapas orogenicas la alta velocidad de acoplamiento existe entre estas dos placas, puede ser evaluada si se cuantifica la ocurrencia frecuente de sismos de magnitud elevada a lo largo de su contacto (entre la fosa y la línea de costa) y en el inferior del continente, aunque la periodicidad y tamaño de estos últimos, sea menor a los primeros.

En la región sur de Perú, la cordillera andina presenta una altura del orden de 5000 m y un ancho de aproximadamente 450 km. Según su geomorfología, esta región puede ser dividida en cinco unidades paralelas a la cordillera (Megard, 1978; Suarez et al, 1983; Tavera y Buforn, 1998) la zona costera, la cordillera occidental, el altiplano, la cordillera oriental y la zona sub andina. Esta morfología controla el alto índice de sismicidad, presente a diferentes niveles de profundidad y cuyas características principales han sido analizadas y discutidas anteriormente por diversos autores Stauder (1975).

La sismicidad directamente con la deformación de la corteza continental en la región sur de Perú, presenta focos superficiales ($h \leq 60\text{km}$) y magnitudes m_b menores a 6.5, en la fig. 2, se observa que, el número de sismos con foco superficial es mayor frente a la línea de costa. Los mismos que podrían estar asociados principalmente al proceso de subducción.

Mientras que, en el interior del continente, el número es menor y aunque estos se distribuyen de manera dispersa, en general son debidos a la reactivación esporádica de algunos sistemas de fallas distribuidos en los altos andes (más de 3000 metros de altura) y en la zona sub-andina Sebrier (1985)

En los altos andes los sismos alcanzan profundidades menores a 30 km, siendo la frecuencia de ocurrencia de los mismos (magnitud moderada. -5.0 mb) menor con relación a otras zonas de mayor índice de sismicidad (zonas de subducción y subandina). En la región sur de Perú, los sismos de foco superficial se distribuyen principalmente próximos o sobre algunos sistemas de fallas localizadas en los departamentos de Tacna, Moquegua, Arequipa y Apurímac.

En los alrededores de la localidad de Calacoa, no se observan sismos con foco superficial y magnitud moderada; sin embargo, no se descarta el hecho de que ocurran sismos de magnitudes pequeñas, los mismos que debido a la falta de redes sísmicas locales no pueden ser registrados ni localizados.

En general, los sismos con foco superficial presentan frecuentemente magnitudes menores y como son debidos a fallas locales, sus efectos en superficie suelen ser tan grandes como los producidos en la zona de costa por sismos asociados al proceso de subducción.

El 6 de mayo de 1999, a las 23 horas y 04 minutos, ocurrió un sismo de foco superficial y magnitud moderada en las proximidades de la localidad de Calacoa, distrito de san Cristóbal, provincia de mariscal nieta, departamento de Moquegua.

Este sismo denominado "sismo de Calacoa" afecto principalmente a las localidades de Calacoa u Cuchumbaya, siendo originalmente un sismo típico de los que ocurren en los altos andes de Perú; es decir, magnitud moderada y alto grado de destrucción. Además de su magnitud moderada, el sismo presento características importantes como estar asociado a la posible reactivación de una falla local, la profundidad superficial de su foco y área restringida de intensidad máxima.

Después de ocurrido el sismo de Calacoa y durante un periodo de 8 días, se produjo un importante número de réplicas que generaron pánico y desesperación en la población de la localidad de Calacoa y alrededores. En este estudio se analiza y evalúa los parámetros hipocentrales del “sismo de calacoa2, sus características y efectos.

La información utilizada proviene de una red sísmica temporal compuesta por tres estaciones portátiles del IGUNSA y cuatro digitales de la red sísmica nacional a cargo del IGP.

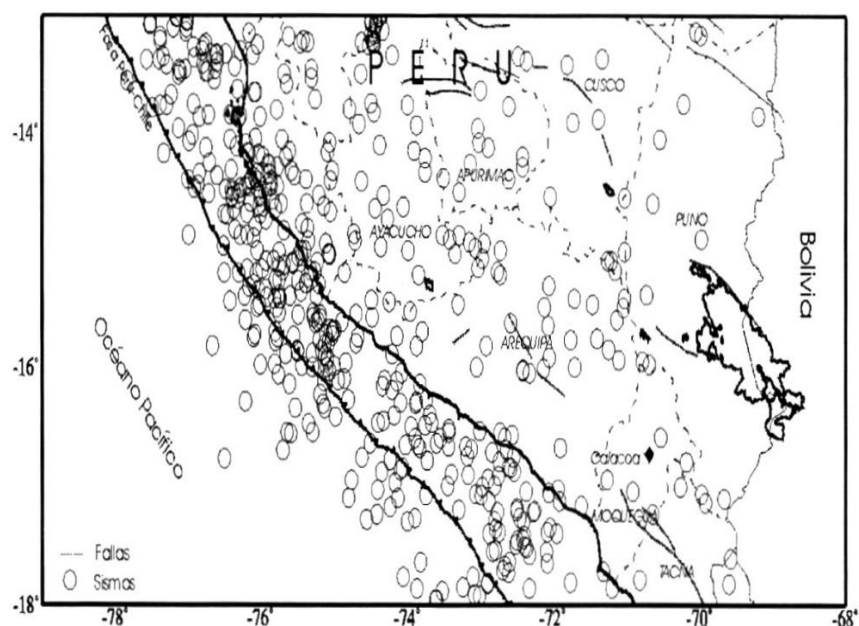


Figura 25. Sismicidad superficial ($h \leq 60$ km) presente en la región sur de Perú según el catálogo sísmico del IGP.

Nota: Las trazas de falla corresponden a Machare y Leureyro.

L. Características Sismo Tectónicas

La región sur del Perú se caracteriza por ser la de mayor potencial sísmico y su máxima expresión en superficie se pone en evidencia con la presencia de algunas fallas geológicas, de diferentes longitudes, distribuidas en el interior del continente y cuyas características dependen del tipo de esfuerzo actuante (compresión o tensión).

En esta región, el área de Calacoa ha sido afectada por deformaciones pequeñas asociadas al lento levantamiento de la

cordillera andina, el mismo que ha producido en superficie la formación de fallas producen sismos de magnitud pequeña; es decir, prácticamente imperceptibles para la población, pero también pueden generar sismos de magnitud moderada o enjambres sísmicos en periodos de tiempo muy cortos afectando en gran porcentaje a las viviendas débiles las mismas que son típicas de estas regiones.

En la fig. 3, se observa que en el área de Calacoa las fallas de corta longitud, en general, corresponden a procesos extensivos propios de zonas o áreas ubicadas en los altos andes. De estas fallas, la de Calacoa se ubica a 1km al norte de la localidad del mismo nombre con orientación NE-SW y una longitud de 7 km. Asimismo, parte de este sistema se ubica a 0.3 km, al sur de Calacoa con orientación NW-SE sobre una longitud de 4km aproximadamente, la misma que corta a la anterior en su extremo SW.

Otros sistemas de fallas están ubicados al SW de la localidad de Cuchumbaya con una orientación NW-SE y longitudes de 0.8, 1.7 y 1.9 km. Cerca de las localidades de Sacuaya, Cambrune y Carumas, puede identificarse 2 sistemas de fallas de longitud mayor, las mismas que no tiene relación con las deformaciones locales presentes en los alrededores de Calacoa. La reactivación de estas fallas, debido a la ocurrencia de sismos, es poco frecuente; sin embargo, debido a la longitud de las mismas y a su proximidad a algunas localidades, cuando esta ocurre produce destrucción y algunas veces pérdidas humanas.

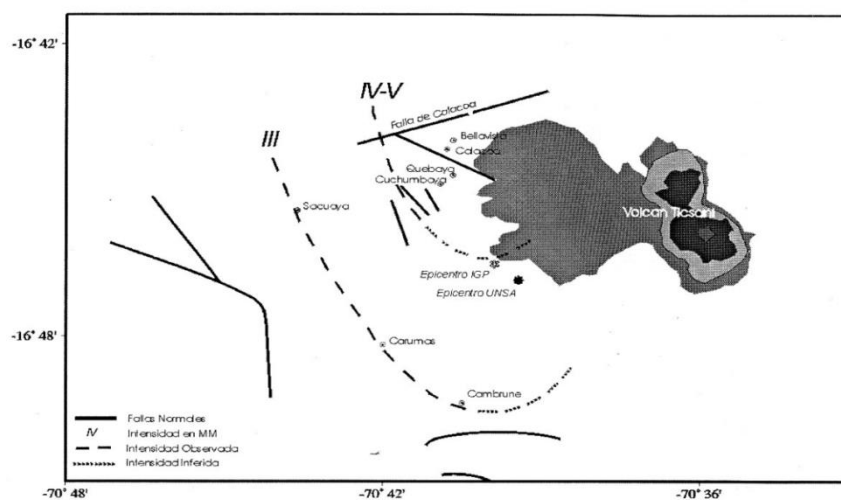


Figura 26. Principales elementos tectónicos presentes en el área de Calacoa y del volcán Ticsani.

Nota: Las líneas discontinuas indican las intensidades en la escala Mercalli modificada. Las estrellas indican el epicentro preliminar del sismo de Calacoa obtenido por el IGP (en blanco) y por UGUNSA (en negro).

2.3. Definición De Términos

- A. Acuáticos: Del agua o relacionado con ella.
- B. Terrestres: Es un adjetivo que se refiere a la superficie o relacionado con la tierra.
- C. Aéreo: Algo perteneciente o relativo al aire
- D. Tracción: Acción de tender a mover una cosa hacia el punto de donde procede el esfuerzo.
- E. Teleférico: Es un sistema de transporte aéreo que consta de una cabina suspendida en una serie de cables, encargada de mover la unidad a una estación.
- F. Aerotransportador: medio de transporte por vía aérea.
- G. Aerocar: vehículo de transporte aéreo.
- H. Funiculares: Que se mueve arrastrado mediante una cuerda, cable o cadena de tracción, normalmente usado en terrenos de fuerte desnivel.
- I. Telecabina: Sistema de transporte consistente en cabinas suspendidas de un cable de tracción, que se utiliza para salvar grandes diferencias de altitud.
- J. Cable Portante: elemento que porta un vehículo.
- K. Cable Tractor: Cable metálico de acero, generalmente un cable metálico sinfín, que soporta las poleas de los transportadores de un teleférico.
- L. Cable Transportador: que recibe carga para transporte, de un lugar a otro.

- M. Vaivén: Movimiento alternativo de un cuerpo que después de recorrer una línea en una dirección, vuelve a describirla, caminando en sentido contrario.
- N. Funicular: Se denomina funicular a un tipo especial de ferrocarril utilizado para salvar grandes pendientes.
- O. Trazado: Planta, proyecto o diseño de un edificio o una obra de construcción.
- P. Gálbo: Dimensión máxima de un vehículo grande que sirve para determinar si puede pasar por un túnel o por debajo de un puente.
- Q. Torones: son soluciones para el reforzamiento de hormigón presforzado y estabilización de taludes.
- R. Alma: es el soporte de tamaño y consistencia aptos para ofrecer un apoyo firme a los cordones.
- S. Contracable: Dicho de un camino, destinado al tránsito de vehículos.
- T. Cabina: Cuarto o recinto pequeño y cerrado donde se encuentran los mandos de un aparato o máquina.
- U. Emplazamiento: Extensión de terreno que contiene una instalación autorizada, y dentro de la cual el explotador puede poner en marcha directamente actuaciones de emergencia.
- V. Carrozable: Destinado al tránsito de vehículos.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de la Investigación

3.1.1. Tipo De Investigación

Por las características del presente trabajo de investigación, esta es del tipo descriptivo y explicativo.

3.1.2. Diseño De La Investigación

El diseño principal propuesto y ejecutado para la presente investigación es como se detalla a continuación:

A. Primera Etapa: Investigación preliminar

En esta etapa inicial, se realizaron investigaciones preliminares de la zona de trabajo, así como son la reseña histórica, registros de desastres naturales, características del terreno, superficie geográfico, además de ubicación y reconocimiento de las rutas de acceso existentes, principales problemas de comunicación con otras localidades de la zona, de igual manera se ha investigado la existencia de estudios referentes a la solución del problema (accesos) en el Gobierno Regional de Moquegua y otras dependencias.

B. Segunda Etapa: Trabajos exploratorios de campo

Luego de realizado la investigación preliminar, teniendo información referencial a la zona involucrada, se procedió a realizar trabajos de campo, como son el reconocimiento del terreno, de rutas de acceso, entrevistas con los pobladores y autoridades de la zona de trabajo. De igual manera se realizaron los estudios de exploracion, levantamiento topográfico, ensayos para los estudios de mecánica de suelos, etc.

C. Tercera Etapa: procesamiento de datos en gabinete

Los datos obtenidos en campo, se procesaron en gabinete y laboratorios, así como son los planos topográficos y estudio de mecánica de suelos.

- D. Cuarta Etapa: Definición de la propuesta de solución del problema
Con la información procesada, se procedió a definir el trazo de la línea del teleférico, definiendo la mejor posición de las estaciones, torres de soporte, esto teniendo en cuenta las características del suelo, la accesibilidad para los trabajos y la posición que genere menor costo.
- E. Quinta Etapa: Diseño Estructural de la propuesta de solución del problema
En esta etapa se procedió a realizar el dimensionamiento del teleférico y diseño estructural de las estaciones, torres de soporte y zonas de anclaje, aplicando las normativas vigentes de nuestro país.
- F. Sexta Etapa: Evaluación de costos y presupuestos
Para la evaluación del costo de la ejecución del proyecto, se realizaron con datos obtenidos de la revista El Constructivo¹; también se realizó la comparativa del costo del teleférico y la construcción convencional de la vía existente asfaltada con la instalación de un puente de concreto basándonos en la información de Infobae².

3.2. Población y/o Muestra De Estudio

La población objeto de estudio del presente proyecto de investigación es: El distrito de San Cristóbal – Calacoa.

La muestra del estudio se define al sistema al tramo de conexión de las dos poblaciones del distrito de San Cristóbal - Calcoa.

3.3. Operacionalización De Variables

A. Variable Independiente

Se define establece como variable independiente el “Trazado del Teleférico”.

¹ El constructivo es una revista que publica mensualmente todo lo referente a costos del rubro de la construcción, así como las últimas noticias relevantes de proyectos importantes en el Perú.

² Infobae es un diario digital argentino de actualidad y economía creado en 2002 por el empresario Daniel Hadad, donde se publicaron comparativa de costos de carreteras en Sudamérica y Europa.

- Indicadores: Geología, Suelos, Geomorfología, Clima, Vegetación, Tenencia de la tierra y Viento.
- Método de medición: Longitud del trazado del teleférico.

B. Variable Dependiente

Se define como La ingeniería de diseño.

- Indicadores: Normativas de diseño que se indican a continuación: Norma Técnica Española UNE 36-714-76 Cables De Acero Para Teleféricos Y Funiculares. Norma Técnica Peruana NTE.020-2006 – Cargas. Norma Técnica Peruana NTE.030-2016 – Diseño Sismo resistente. Norma Técnica Peruana NTE.050-2009 – Suelos Y Cimentaciones. Norma Técnica Peruana NTE.060-2009 – Concreto Armado. Norma Técnica Peruana NTE.090-2006 – Estructuras Metálicas. ASCE/SEI 7-10 – Minimum Design Loads For Buildings And Other Structures.
- Método de medición: Desplazamientos, cargas actuantes, presiones actuantes en las cimentaciones, cuantías de acero de refuerzo.

3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

Se desarrolló una serie de pasos secuenciales de manera sistemática y ordenada para llevar a cabo una exploración y/o investigación de la zona de estudios, para la mejor alternativa del trazo de la línea aérea de transporte (teleférico), estos procedimientos pertenecen a las dos primeras etapas del diseño de la investigación:

3.4.1. Primera Etapa: Investigación Preliminar

En primer lugar, se procedió con la recolección de datos usando la herramienta más accesible “Internet”, en la cual se obtuvieron datos de la geografía, geomorfología, clima, población, deficiencias, desastres naturales ocurridos en la zona, registro de sismos, velocidad promedio de viento, frecuencias hidrológicas, etc.

La recolección de datos fue de manera directa, entrevistando a las autoridades y pobladores del área de estudios. Además, de la investigación documentaria en los locales gubernamentales como son, la municipalidad distrital de Calacoa, en la búsqueda de la existencia de estudios de ingeniería y/o posible existencia de expedientes técnicos referentes a la construcción e implementación del transporte aéreo teleférico u otros medios de transporte planteado que conecten la población de Calacoa y San Cristóbal.



Figura 27. Visita a Teleférico de Bolivia La Paz.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 28. Visita a Teleférico de Bolivia La Paz.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 29. Vista de base de torre de soporte.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 27. Cabinas del teleférico.

Nota: Elaborado por el autor.

Como parte del proyecto de investigación, se realizó visitas al teleférico existente en Bolivia, con la finalidad de observar el sistema estructural usado, y el funcionamiento de esta.

3.4.2. Segunda Etapa: Trabajos Exploratorios de Campo

En esta etapa de la investigación, se procede a recolectar datos definitivos del lugar de estudios, realizar la exploración, conocer la zona en donde se realizó el estudio, obtener el perfil de la zona por la que se realizara el trazo de la línea del teleférico. Además, en esta etapa se procede al tomó de fotografías de ambas poblaciones, esto con el fin de identificar la vegetación, zonas no accesibles y otras características importantes para la etapa de toma de decisiones sobre el trazado.



Figura 31. Ubicación geográfica de las localidades de San Cristóbal y Calacoa.

Nota: Elaborado por el autor, Obtenido de Google Earth Pro (2019).



Figura 28. Visita a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 29. Visita a Calacoa.

Nota: Elaborado por el autor.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

En esta parte de la investigación se aplica o ejecuta las etapas 3, 4, 5 y 6 del diseño de investigación, en las cuales se procesó todos los datos obtenidos en el campo, ya sea la definición e identificación de la zona, perfil longitudinal, siendo estas partes del levantamiento topográfico proporcionado por la institución, además, se realizó el trazo del teleférico, y posteriormente el diseño estructural con el uso del software SAP2000.

3.5.1. Tercera Etapa: Procesamiento de Datos de Campo

Los sondeos del suelo de fundación de las torres del teleférico, se realizaron de acuerdo a lo indicado en la norma NTP 339.162 y el código internacional ASTM D420.

Además, cabe mencionar que los resultados obtenidos en laboratorio de las muestras extraídas, fueron principalmente el análisis granulométrico, contenido de humedad, clasificación de suelos, estratigrafía, peso específico, densidades máximas y mínimas y límites de atterberg, siendo estas necesarias para obtener el dato principal capacidad portante del suelo.

3.5.2. Cuarta Etapa: Trazado de Teleférico

En esta etapa se definió el trazo y/o recorrido del teleférico, para lo cual fue necesario el aspecto topográfico, geográfico y aspectos relacionados al clima.

Se determinó que las Estaciones A y B estén en zonas de gran accesibilidad, y libres de algún tipo de deslizamientos, en terrenos casi horizontales que no generen rellenos ni cortes excesivos.

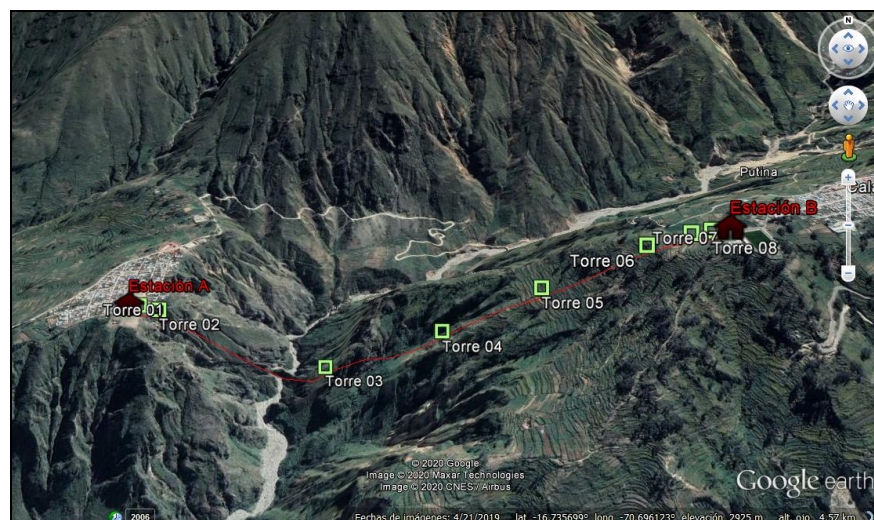


Figura 30. Trazado de ruta del teleférico entre Calacoa y San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor, Obtenido de Google Earth Pro (2019).

Además, se definió que es necesario 08 torres como soporte del teleférico, con alturas variables entre sí, ubicadas estratégicamente, evitando posicionarlos en zonas con riesgo de derrumbes y/o deslizamientos.



Figura 31. Ubicación de las Estaciones de inicio del Teleférico.

Nota: Elaborado por el autor,



Figura 32. Ubicación de las Estaciones de fin del Teleférico.

Nota: Elaborado por el autor, Obtenido de Google Earth Pro (2019).



Figura 33. Perfil longitudinal del trazo de ruta del teleférico.

Nota: Elaborado por el autor, Obtenido de Google Earth Pro (2019).

3.5.3. Quinta Etapa: Diseño Estructural del Teleférico

En esta etapa de la investigación se realizó el diseño estructural en base a normativas peruanas y extranjeras, debido a que en nuestro país no se tiene implementado normativas referentes al diseño de teleféricos.

A. Diseño de Cables de Soporte del Teleférico

El dimensionamiento y análisis del cable se realizó en base a la normativa española UNE 36-714-76.

B. Análisis Estructural

El diseño estructural de las Torres de soporte y las estaciones se realizaron en base a metodologías establecidas en los códigos de diseño nacionales e internacionales, sean cuantificaciones de cargas, análisis sísmico, cálculo de esfuerzos internos en las diferentes piezas que los conforman, además del diseño en acero estructural usando el método LRFD, realizándose en el software SAP2000 v20. Se recurrirá a cálculo matemático para el dimensionamiento del contra, pero de anclaje.

3.5.4. Sexta Etapa: Diseño Eléctrico de Controles y Motor

Primero debe conocer el tipo de fuente de energía donde se instalará el motor, según sea la necesidad o elección se procederá a identificar los elementos y/o materiales a ser necesarios para los tableros de control.

Como se quiere utilizar un tablero de control en las cabinas con el fin facilitar el sistema de transporte lo recomendable es usar energía trifásica para el motor.

Se debe seleccionar el motor comercial más cercano en superior a la potencia necesaria. En la II etapa, se identificó que, en la zona existen lo 2 tipos de energía eléctrica 220 voltios y 380 voltios.

4.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Resultados de la Investigación Preliminar y Trabajo de Campo

4.1.1. Estudio Topográfico

De los estudios de topografía realizados, se obtuvieron las curvas de nivel de la zona, preliminarmente se trabajaron en el programa Global Mapper v19.0³, determinando los siguientes resultados:

Tabla 3

Ubicación Topográfica de las localidades de estudio.

Zona: 19K		Coordenadas UTM		
Item	Descripción	Este	Norte	Altitud
1	San Cristobal	318048.48mE	8148375.33mS	3136m.s.n.m.
2	Calacoa	320671.63mE	8148544.08mS	3465m.s.n.m.

Nota: Elaborado por el autor.

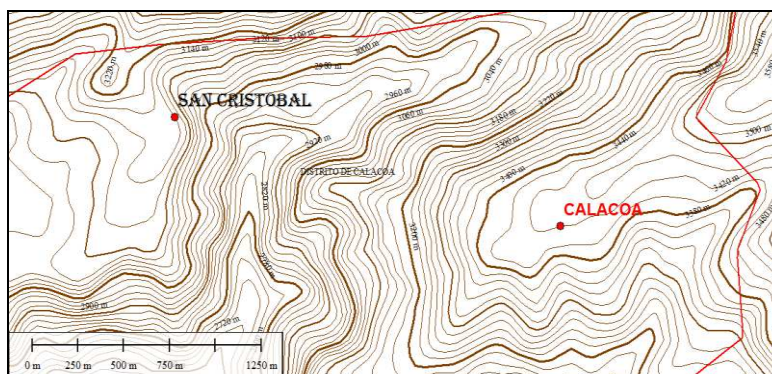


Figura 34. Curvas de Nivel de la Zona de Influencia del Proyecto.

Nota: Elaborado por el autor en Global Mapper, 2019.

El área en un radio de 3 kilómetros de Calacoa está cubierta de arbustos (53 %), tierra de cultivo (21 %) y vegetación escasa (14 %), en uno de 16 kilómetros de tierra rasa (33 %) y vegetación escasa (31 %) y en un radio de 80 kilómetros de tierra rasa (46 %) y vegetación escasa (27 %) que concuerda con la página web de Weatherspark⁴.

³ Goba Mapper es un programa de análisis y procesamiento de datos SIG (Sistema de Información Geográfica), que incluye todo tipo de información cartográfica y de mapas.

⁴ WeatherSpark.com de clima típico de 150.165 publicaciones en todo el mundo, página de información meteorológica mundial mediante control satelital.

También la página mencionada describe que La altitud del terreno en un radio de 3 kilómetros desde Calacoa, es muy variable el desnivel máximo es de 1.562 metros y la altitud media es de 3.159 metros, los cuales se corroboraron en campo.

4.1.2. Evaluación del Clima de la Zona de Estudio

La región de Moquegua tiene 10 estaciones meteorológicas y 02 estaciones hidrológicas, según registros del SENAMHI⁵, de las cuales se tiene la estación de Calacoa-Bellavista, que se ubica en nuestra zona de estudios.

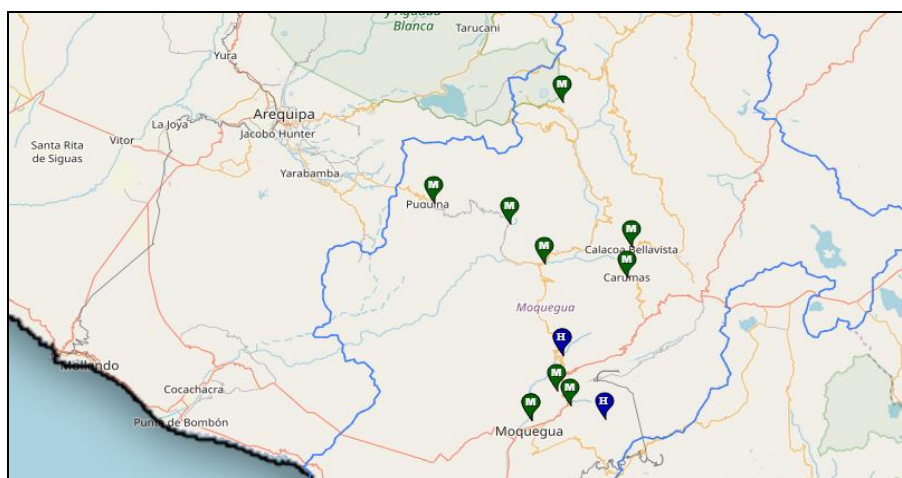


Figura 35. Estaciones Meteorológicas instaladas en Moquegua.

Nota: Obtenido de Ministerio del Ambiente (2018).

A. Temperatura

En Calacoa, el verano es corto, cómodo, árido, mayormente nublado, el invierno es corto, frío y seco y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 3 °C a 20 °C y rara vez baja a menos de 1 °C o sube a más de 22 °C.

⁵ En el marco del proyecto Pachayatiña/Pachayachay, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), monitorea y pronostica el clima a nivel nacional del Perú.

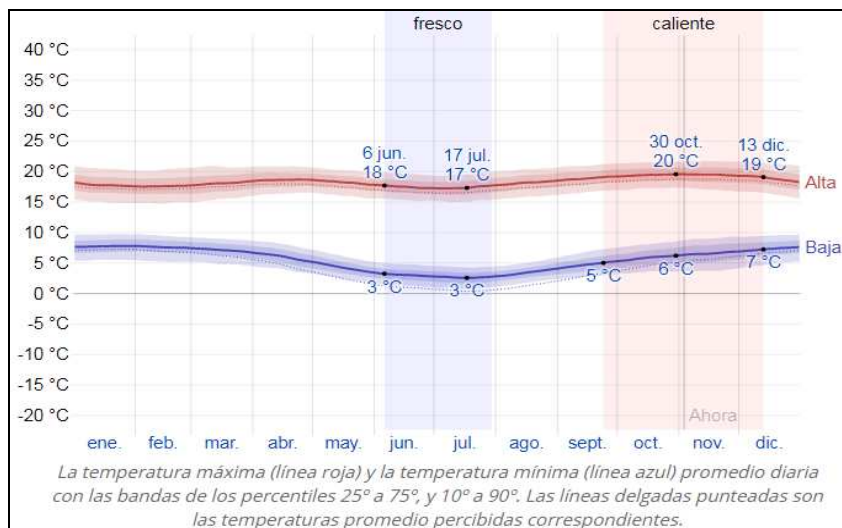


Figura 36. Temperaturas máximas y mínimas promedio en Calacoa.

Nota: Obtenido de Weather Spark (2019).

La temperatura promedio por horas durante el día se muestra a continuación:

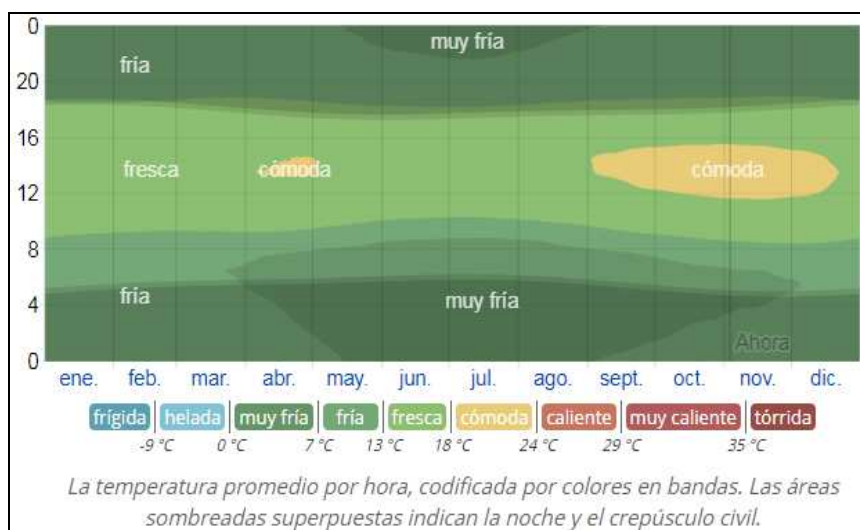


Figura 37. Temperaturas promedio por hora – Calacoa.

Nota: Obtenido de Weather Spark (2019).

B. Precipitaciones

Las precipitaciones máximas se dan en los meses de la estación del verano, enero, febrero, marzo, abril y diciembre, como se muestra en la siguiente imagen.

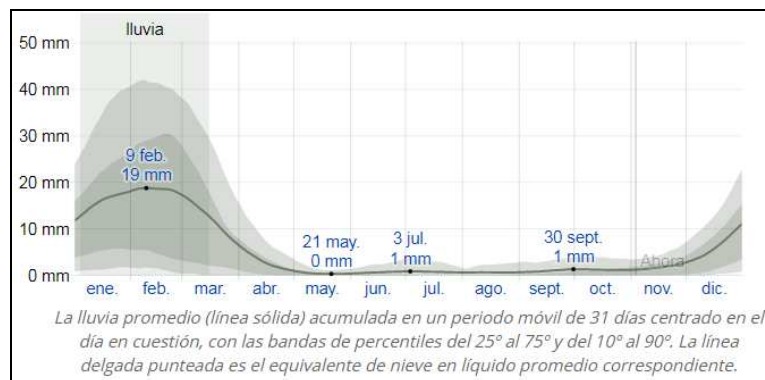


Figura 38. Precipitación de lluvia mensual promedio – Calacoa.

Nota: Obtenido de Weather Spark (2019).

El principal problema que ocasiona estas precipitaciones de lluvia, son la interrupción de comunicación entre los Centros Poblados de Calacoa y San Cristóbal, siendo más perjudicial durante la época escolar que son en los meses de marzo, abril y diciembre.

C. Humedad

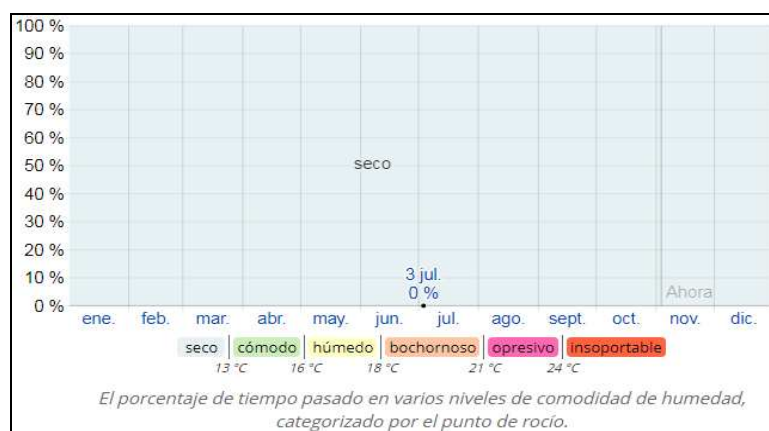


Figura 39. Niveles de humedad mensual promedio - Calacoa

Nota: Obtenido de Weather Spark (2019).

Como se observa en la imagen anterior, los niveles de humedad promedio mensuales son 0%, por lo que la probabilidad de generar corrosión en el material de acero es baja.

Del 16 de julio al 24 de diciembre la parte más ventosa del año dura 5,2 meses, con velocidades promedio del viento que excedieron los 10,5 kilómetros por hora. El día más ventoso del

año es el 17 de septiembre, con una velocidad promedio del viento de 11,5 kilómetros por hora.

Del 24 de diciembre al 16 de julio, el período más tranquilo del año dura 6,8 meses. El día más tranquilo del año es el 22 de marzo, con una velocidad del viento promedio por hora de 5.8 millas por hora.

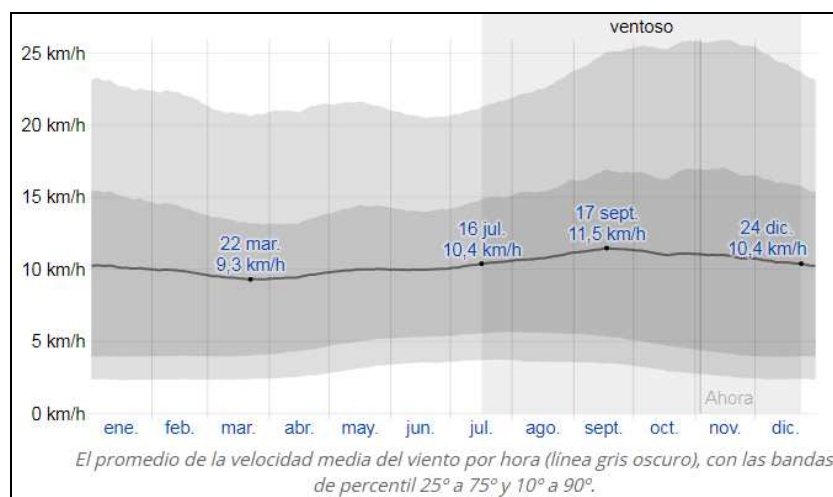


Figura 40. Velocidad de viento mensual promedio – Calacoa.

Nota: Obtenido de Weather Spark (2019).

Como se observa, estos valores en comparación con el mapa eólico del Perú, son similares, corroborándose en campo durante el periodo de nuestra visita y estadía.

D. Dirección del viento

El viento con más frecuencia viene del norte durante 8,3 meses, del 13 de marzo al 22 de noviembre, con un porcentaje máximo del 50 % en 12 de junio. El viento con más frecuencia viene del sur durante 3,7 meses, del 22 de noviembre al 13 de marzo, con un porcentaje máximo del 40 % en 1 de enero.

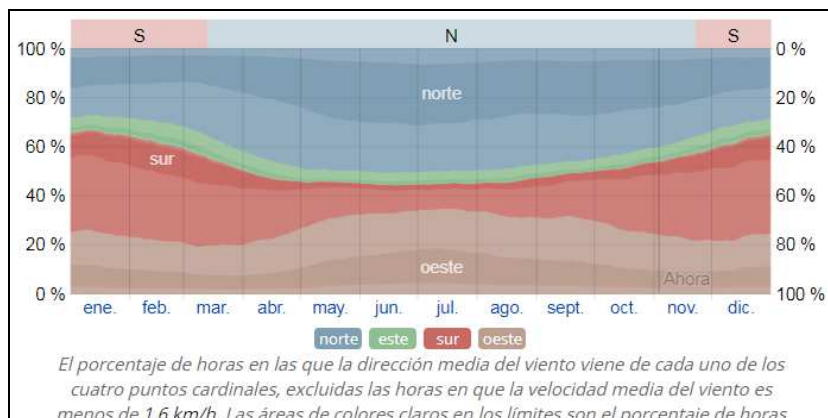


Figura 41. Dirección de viento mensual promedio – Calacoa.

Nota: Obtenido de Weather Spark (2019).

Los datos antes mencionados fueron considerados para el planteamiento de solución del problema, la concepción del teleférico.

4.1.3. Accesibilidad a la Zona de Estudio

Calacoa se encuentra a 140 kilómetros de la ciudad de Moquegua a una altitud de 3.100 m s. metros al noreste, camino a Puno. Los primeros 50 kilómetros son pistas asfaltadas en buen estado y el resto son pistas sin asfaltar. El camino al pueblo de San Cristóbal asciende a 4.000 m.

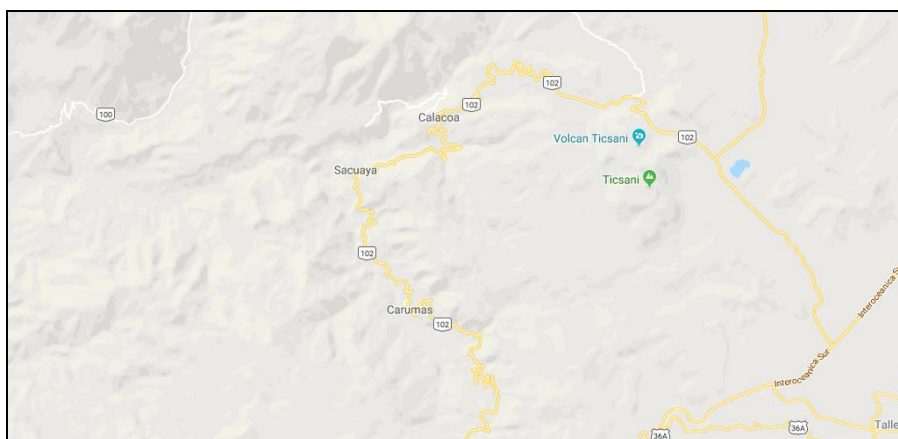


Figura 42. Accesos viales a Calacoa y San Cristóbal.

Nota: Obtenido de Google Maps (2019).

El camino hacia estos recursos es un paisaje árido y monótono. En Torata, hay que conducir hacia el noreste y ascender a una altura de 4.300 m s. desde allí se puede ver el volcán Ubina,

luego se desciende hasta llegar al Cañón de Carumas, desde allí se tardan unos 20 kilómetros hasta Calacoa.

Existe transporte con combis desde Calacoa, un poblado que está en la parte superior de las quebradas, los géiseres de San Cristóbal están a las orillas del río Putina que discurre en el fondo de la quebrada. En épocas de altas precipitaciones, el CP de San Cristóbal queda incomunicada con el resto de distritos y regiones.

4.1.4. Estudio de Mecánica de Suelos

Del muestreo de estudio elaborado en campo, al procesarse los resultados de los diferentes ensayos realizados en laboratorio y en campo, se tiene lo siguiente:

A. Ensayo de Densidad In Situ

Para la estimación de la densidad del suelo, esta se practicó in situ, aplicando los códigos de control de calidad ASTM D 1556, en concordancia con la norma NTP E-117. De la cual se obtiene la densidad húmeda de 1.964kg/cm³.

Tabla 4

Densidad in situ – Cono de Arena – Calacoa.

Ensayo de Densidad In Situ		
ASTM D 1556 - NTP E -117		
Ubicación		C-01
Profundidad	cm.	15
Lado		Eje
Peso de la muestra Húmeda + Lata	gr.	4.741,00
Peso de la lata	gr.	0
Peso de la muestra húmeda neta	gr.	4.741,00
Peso de la Arena + frasco	gr.	7.842,00
Peso de la Arena q' queda en frasco	gr.	2.451,00
Peso de la Arena en el embudo	gr.	1.890,00
Peso de la Arena en el hoyo	gr.	3.501,00
Densidad de la Arena	gr/cc.	1,45
Volumen del hoyo	cc.	2.414,50
Humedad	%	2,05
Densidad Humeda	gr/cc.	1,964
Densidad Seca	gr/cc.	1,924
Densidad Máxima	gr/cc.	2,009
Densidad Mínima	gr/cc.	1,845
Densidad Relativa	%.	50,4

Nota: Elaborado por el autor.

B. Ensayo de Humedad Natural

En cumplimiento del procedimiento establecidos en la normativa ASTM D 2216, se obtuvieron los siguientes resultados de humedad natural del suelo.

Tabla 5

Densidad in situ – Cono de Arena – Calacoa.

Ensayo de Humedad Natural Norma ASTM D 2216		
Muestra N°	Calicata 01	
Recipiente N°	1	2
Peso del recipiente	0	0
Peso del recipiente + la muestra húmeda	1.054,20	1.173,40
Peso del recipiente + la muestra seca	1.032,40	1.150,60
Peso del Agua	21,8	22,8
Peso de la muestra seca neta	1.032,40	1.150,60
Porcentaje de humedad	2,11	1,98
Promotion	2,05	1,92

Nota: Elaborado por el autor.

C. Análisis Granulométrico por Tamizado

El ensayo de tamizado se realizó en gabinete, luego de ensayar y tomar datos en laboratorio, de la cual se tiene como resultado lo siguiente:

Tabla 6

Clasificación de suelos SUCS y AASHTO.

Análisis Granulométrico por Tamizado Norma ASTM D-422						
Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que PASA	Descripción de la Muestra
3"	76,2					
2 1/2"	63,5					Límites de Consistencia :
2"	50,6					LL = N.P.
1 1/2"	38,1	0	0	0	100	LP = N.P.
1"	25,4	158	6,77	6,77	93,23	IP = N.P.
3/4"	19,05	84	3,6	10,37	89,63	
1/2"	12,7	112	4,8	15,17	84,83	D60 0,92 CU 21,4
3/8"	9,525	48	2,06	17,22	82,78	D30 0,15 CC 0,5
1/4"	6,35					D10 0,04
No4	4,76	215	9,21	26,43	73,57	% PAS. MALLA 4 73,57
No8	2,38					% PAS MALLA 200 17,21
No10	2	159,5	6,83	33,27	66,73	Clasificación S.U.C.S.
No16	1,19					SM
No20	0,84	194,5	8,33	41,6	58,4	Clasificación AASHTO
No30	0,59	116,8	5	46,6	53,4	A-2-4 (0)
No40	0,42	125,8	5,39	51,99	48,01	Peso de la Muestra:
No 50	0,3	158,2	6,78	58,77	41,23	2334,1 gr.
No60	0,25					Observaciones:
No80						La muestra consiste de
No100	0,149	245,5	10,52	69,29	30,71	Arenas limosas con gravas
No200	0,074	315,2	13,5	82,79	17,21	y finos no plásticos.
Base		401,6	17,21	100	0	
Total		2334,1	100			

Nota: Elaborado por el autor. Clasificación S.U.C.S.: SM (Arenas Limosas, Mezclas de Arena Limo) y Clasificación AASHTO: A-2-A (0).

D. Densidad Máxima y Mínima

Los valores obtenidos de las densidades, fueron de 03 muestras, de las cuales se tiene como máximo valor 2.009kg/cm³ y como el valor mínimo promedio de 1.845kg/cm³.

Tabla 7

Densidad Máxima y Mínima del suelo.

		Densidad Máxima y Mínima					
Calicata 01	Und.	Densidad Mínima			Densidad Máxima		
Muestra N°		1	2	3	1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	gr.	12.619	12.676	12.656	13.158	13.191	13.165
Peso del molde	gr.	6.784	6.784	6.784	6.784	6.784	6.784
Peso de la muestra seca neta	gr.	5.835	5.892	5.872	6.374	6.407	6.381
Volumen del molde	cc.	3.180	3.180	3.180	3.180	3.180	3.180
Densidad	gr/cc.	1,835	1,853	1,847	2,004	2,015	2,007
Densidad Mínima	gr/cc.	1,845			2,009		

Nota: Elaborado por el autor.

E. Capacidad Portante

La capacidad portante del suelo se obtiene con el procedimiento de cálculo de Terzaghi, para el cual fue necesario la definición de ciertas características propias del suelo.

Tabla 8

Características del suelo.

Calculo de la capacidad portante del suelo					
Descripcion	Unidad	Calicata 1	Cimentación	Valores de I_f (cm/m)	
Profundidad	MT	0.00 - 3.00	Cuadrada	Rígida	
Clasificación Sucs		GP		Flexible	Centro
Clasificación Aashto		A-1-a (0)			Esquina
Densidad Seca - In Situ (Dd)	GR/CC	1,912			Medio
Densidad Minima (Dmin)	GR/CC	1,845	Circular	Rígida	
Densidad Maxima (Dmax)	GR/CC	2,009		Flexible	Centro
Densidad Relativa (Dr)	GR/CC	50,4			Esquina
Angulo Fricción (ϕ)	G°	32,56			Medio
Cohesión (C)	KG/C2	0	Rectangular	Rígida	
Densidad Humeda (Dm)	GR/CC	1,964	(5=>L/B =>2)	Flexible	Centro
Nc (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	23			Esquina
Nq (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	12,5			Medio
Ny (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	9			

Nota: Elaborado por el autor.

Los datos adicionales que son necesarios para la determinación de la capacidad portante, son el coeficiente de poisson (ν) que en nuestro caso se usará el valor de 0.25 y el módulo de elasticidad como 10000 t/m².

Tabla 9.

Propiedades mecánicas promedios de suelos arcillosos.

Ítem	Tipo De Suelo	Módulo De Elasticidad		Relación de Poisson
		lb/pulg ²	MN/m ²	
1	Arena Suelta	1500-3500	10.35-24.15	0.20-0.40
2	Arena densa media	2500-4000	17.25-27.60	0.25-0.40
3	Arena densa	5000-8000	34.50-55.20	0.30-0.45
4	Arena limosa	1500-2500	10.35-17.25	0.20-0.40
5	Arena y grava	10000-25000	69.00-172.50	0.15-0.35
6	Arcilla suave	600-3000	4.1 - 20.7	0.15-0.35
7	Arcilla media	3000-6000	20.7-41.4	0.20-0.50
8	Arcill firme	6000-14000	41.4-96.6	0.20-0.50

Nota: Elaboración propia, obtenido de Scielo.

Tabla 10

Propiedades mecánicas promedios de suelos arcillosos.

Cimentación Cuadrada							
$Q(ult.) = 1.3 Sc . c . Nc + Sq . q . Nq + 0.4 Sg . B . Pe . Ng$							
Df (m)	B (m)	Qult. (Tn/m ²)	Qadm. (Kg/cm ²)	Asentamiento método elástico			
				S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
1	1	31,62	1,05	0,084	0,115	0,058	0,098
1	1,5	35,16	1,17	0,141	0,192	0,096	0,163
1	2	38,69	1,29	0,207	0,282	0,141	0,24
1	2,5	42,23	1,41	0,282	0,385	0,193	0,327
1	3	45,76	1,53	0,367	0,501	0,25	0,425
1,5	1	43,9	1,46	0,117	0,16	0,08	0,136
1,5	1,5	47,43	1,58	0,19	0,26	0,13	0,22
1,5	2	50,97	1,7	0,272	0,372	0,186	0,316
1,5	2,5	54,5	1,82	0,364	0,497	0,249	0,422
1,5	3	58,04	1,93	0,465	0,635	0,318	0,539
2	1	56,17	1,87	0,15	0,205	0,102	0,174
2	1,5	59,71	1,99	0,239	0,327	0,163	0,277
2	2	63,24	2,11	0,338	0,462	0,231	0,392
2	2,5	66,78	2,23	0,446	0,609	0,305	0,517
2	3	70,31	2,34	0,564	0,77	0,385	0,653
2,5	1	68,45	2,28	0,183	0,25	0,125	0,212
2,5	1,5	71,98	2,4	0,288	0,394	0,197	0,334
2,5	2	75,52	2,52	0,404	0,551	0,276	0,468
2,5	2,5	79,05	2,64	0,528	0,721	0,361	0,612
2,5	3	82,59	2,75	0,662	0,904	0,452	0,767
3	1	80,72	2,69	0,216	0,295	0,147	0,25
3	1,5	84,26	2,81	0,338	0,461	0,231	0,391
3	2	87,79	2,93	0,469	0,641	0,32	0,543
3	2,5	91,33	3,04	0,61	0,833	0,417	0,707
3	3	94,86	3,16	0,76	1,039	0,519	0,881

Nota: Elaborado por el autor.

4.2. Propuesta del Sistema de Transporte Aéreo por Cables

4.2.1. Trazo de la Ruta del Teleférico

La ruta del teleférico fue establecida para que su construcción genere el menor costo posible, considerando las ubicaciones óptimas de las estaciones y la accesibilidad de las torres de soporte.

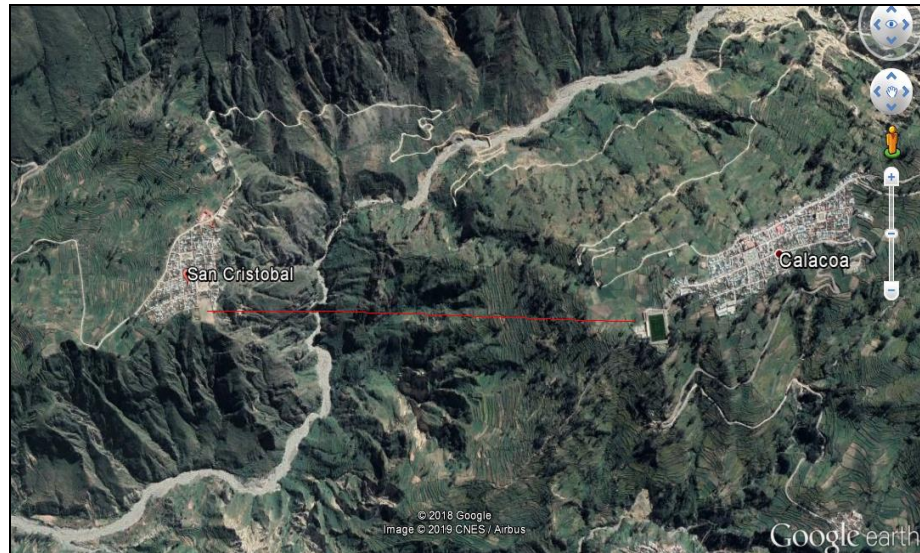


Figura 43. Trazo de la ruta del Teleférico en Calacoa.

Nota: Elaborado por el autor, obtenido de Google Earth, (2019).

Como se observa en la figura anterior el trazo se realizó de la parte más alta de cada localidad, estas ubicaciones son las más accesibles, con vías de trocha ya definidos. Recorriéndose una longitud total de 1.53Km.

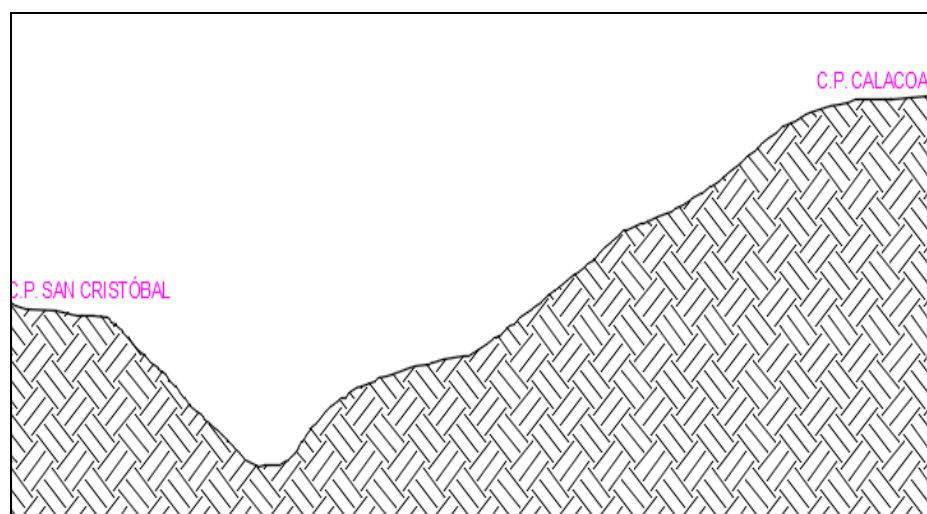


Figura 44. Perfil longitudinal del trazo de ruta del teleférico.

Nota: Elaborado por el autor.

4.2.2. Propuesta de Ubicación de las Estaciones

La ubicación de las estaciones en ambos centros poblados fue establecida considerando las mejores condiciones de accesibilidad, geomorfología, de bajo riesgo de deslizamiento, lugar estratégico. La siguiente figura muestra la ubicación de las torres A (en San Cristóbal) y B (en Calacoa).



Figura 45. Ubicación de Estaciones A y B.

Nota: Elaborado por el autor, obtenido de Google Earth, (2019).

4.2.3. Propuesta de Ubicación y Características de las Torres

Las torres de soporte del sistema de transporte por cable se ubicaron en zonas altas, donde no se de los problemas de deslizamientos, socavaciones, y sean accesibles para su construcción. Proponiéndose 08 torres.

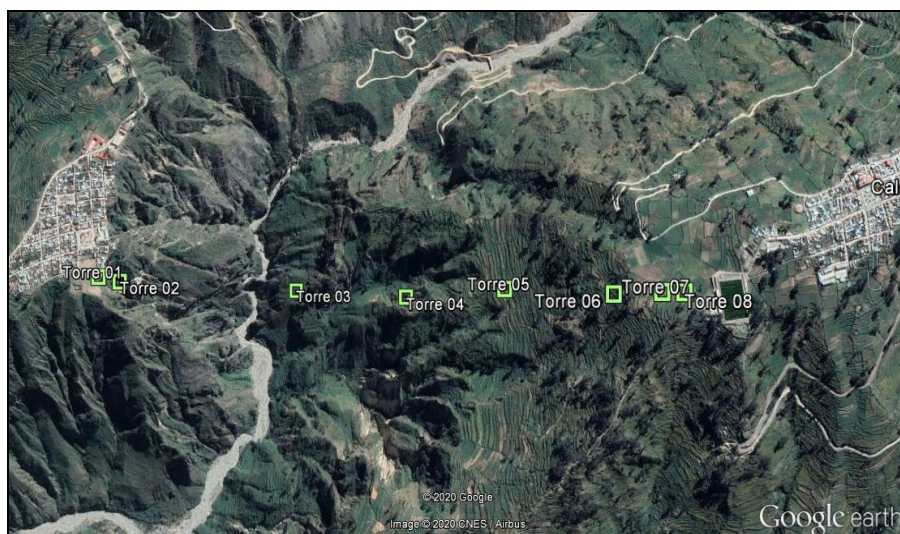


Figura 46. Ubicación de 05 torres de soporte.

Nota: Elaborado por el autor, obtenido de Google Earth, (2019).

Diseño Estructural del Teleférico

En esta parte del proyecto tesis se analizarán los componentes del medio de transporte proyectado de manera técnica, determinando de manera definitiva el sistema de operaciones, la capacidad de las cabinas, diseño de los cables de acero, torres de soporte, estaciones terminales y demás elementos constituyentes de un teleférico.

4.2.4. Diseño y Dimensionamiento de Cabina de Transporte

La selección de la cantidad y capacidad de las cabinas dependen de la demanda y el uso que se les dará durante su vida útil. Respecto a la demanda que presentaría el proyecto, se tiene en cuenta que el total de pobladores en el distrito de Calacoa según Censo del 2007 fue de 3518 habitantes, además cabe mencionar que el turismo en la zona es moderado, por lo que se optó proponer el uso de 02 cabinas de 4 a 20 pasajeros cada uno.



Figura 47. Cabina de policarbonato Diamond.

Nota: Obtenido de Sigmacabins (2019).

4.2.5. Diseño Estructural del Sistema de Cables

En esta etapa de diseño, en base a los datos obtenidos y analizados anteriormente se procede a la definición del cable, para lo cual se debe realizar el procedimiento establecido en la norma UNE.

Estimación de la tensión horizontal del cable:

$$t = \frac{S(2P+WS)}{8y_i} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Estimación de las tensiones en los apoyos:

$$T_A = \frac{t}{\cos \theta} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$T_B = \frac{t}{\cos \alpha} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Ángulos que forman las tensiones con el eje horizontal:

$$\tan \theta = \left(\frac{P+WS}{2t} \right) - \left(\frac{h}{s} \right) \quad (\text{Ec. 4.4})$$

$$\tan \alpha = \left(\frac{P+WS}{2t} \right) + \left(\frac{h}{s} \right) \quad (\text{Ec. 4.5})$$

Longitud del cable:

$$L = \left(1 + \frac{8y_i^2}{3S^2} \right) \sqrt{S^2 + h^2} \quad (\text{Ec. 4.6})$$

Donde:

t : Tensión horizontal del cable, $[kg]$

T_A : Tensión en el apoyo izquierdo del cable, $[kg]$

T_B : Tensión en el apoyo derecho del cable, $[kg]$

θ : Ángulo que forma la tensión izquierda del cable, $[rad]$

α : Ángulo que forma la tensión derecha del cable, $[rad]$

L : Longitud del cable, $[m]$

P : Carga concentrada que actúa sobre el cable, $[kg]$

W : Carga distribuida en el cable, la cual incluye el peso propio del cable y la carga de viento, $[kg/m]$

S : Luz entre los apoyos del cable, $[m]$

H : Diferencia de altura entre los apoyos del cable, $[m]$

y_i : Flecha en el punto medio de la luz que forma el cable, [m]

Para la estimación de las tensiones necesarias para el modelamiento y diseño del punto de anclaje base y de las torres de soporte, se tomaron en cuenta los siguientes datos:

- Esfuerzos dinámicos transversales y paralelos al flujo, causados por agitación.
- Vibración de flujo cruzado causada por vértices alternos e inestabilidad Aero elástica.

A. Modelación del cable, ($\theta 1\ 1/2" = 38mm\ UNE$) cerrado

a. Modelación matemática del cable

Existen cuatro configuraciones básicas que expresan modelos matemáticos para realizar los cálculos requeridos y son:

- El nivel y la carga distribuida en ambos extremos del cable son iguales.
- Cable con los extremos en una misma horizontal y carga concentrada.

Como se mencionó anteriormente, las condiciones del terreno del terreno son adecuadas para modelar los extremos desiguales de la carga concentrada en el centro de luz, se considera la situación más crítica para garantizar la seguridad del sistema. Los términos del modelo matemático y las expresiones de cálculo correspondientes son los siguientes.

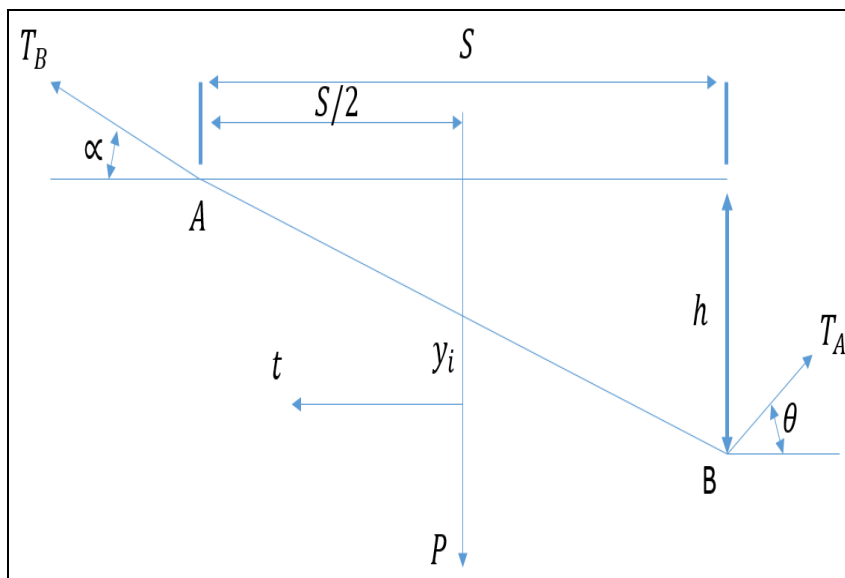


Figura 48. Esquema de un cable con apoyos a desnivel y con carga en el centro de la luz.

Nota: Elaborado por el autor.

Para luces de hasta 200 m:

$$w_w = 0.75 P_w d a \left[\frac{kg}{m} \right] \quad (4,7)$$

$$w_w = 0.75 C P_w d (80 + 0.6a) \left[\frac{kg}{m} \right] \quad (4,8)$$

Donde:

- W : Carga del viento, en daN
- C : Coeficiente aerodinámico (Tabla N°04. 1)
- Pw : Presión de viento, en kg/m²
- D : Diámetro del cable, en m
- a: Luz del trayecto, en m

Tabla 11.

Coefficiente Aerodinámico

Díámetro del cable, en mm	C
D=125	1,2
12.5<d<15.8	1,1
d>15.8	1
Cable de sección no circular	1,3

Nota: Seguridad estructural, diseño por viento, 2011.

Presión del viento:

$$P_w = \frac{v^2 w}{16} \quad (4,9)$$

P_w : Velocidad del viento, en m/s

Temperatura según SENAMHI y datos brindados por la municipalidad de Calacoa.

Max = 20 a 25 c°

Min = 2 a -2 c°

V_w = 4 a 7 m/s

Δ = 6%

S = 15.30

Tabla 12.

Dimensionamiento de cables de transporte.

Tramo	Punto	Coordenada		Luz	Altura	Incremento Metros Δ = 6%
		X(M)	Y(M)	Metros (S)	Metros (H)	
1	A	0	0	15,3	0	0,918
	B	15,3	0			
2	B	15,3	0	21,9	-6,78	1,314
	C	37,2	-6,78			
3	C	37,2	-6,78	484,77	105,08	29,08
	D	521,97	-111,9			
4	D	521,97	-111,9	379,9	111,29	22,9
	E	901,87	0,57			
5	E	901,87	0,57	245,97	154,14	14,76
	F	1147,8	154,71			
6	F	1147,8	154,71	344,84	169,56	20,69
	G	1488,7	324,27			
7	G	1488,7	324,27	56,5	56,51	3,39
	H	1545,2	337,41			
8	H	1545,2	337,41	45,18	11,69	2,71
	I	1590,4	349,1			
9	I	1590,4	349,1	18,16	18,17	1,09
	J	1608,5	349,1			

Nota: Elaborado por el autor.

b. Tipo de instalaciones consideradas para la determinación de cargas

Se considerarán los Teleférico bicable de vaivén de varios tramos con cabina de gran capacidad.

Se usará teleférico de vaivén porque es más funcional según tabla de adecuación de Von Roll.

-Velocidad máxima de 1 m/s a 12.4 m/s

-Cabinas cerradas.

-Pendientes máximas 100% a más.

-Alineación en todos los usos.

Puesto que, a causa del último fenómeno natural ocurrido, se ha visto variaciones en lluvias y vientos para prevenir algún cambio futuro, por lo que se calculará con una velocidad de viento mayor a la proporcionada por la municipalidad de Calacoa, considerando este como $V_w = 18\text{m/s}$.

$$P_w = \frac{(18m/s)^2}{16} = \frac{324}{16} = 20.25 \text{ kg/m}^2$$

Como las luces entre torres exceden los 200m, por lo tanto, usaremos la Ec.4.07.

$$w_w = 0.75 C_{P_w} d (80 + 0.6a) \left[\frac{Kg}{m} \right]$$

Según parámetros de tabla de coeficiente aerodinámico

$d > 15.8\text{mm}$

-Usaremos cable de 1 1/2" = 38mm

$W_{\text{cable}} = 8.02 \text{ kg/m}$, Por lo tanto, $C=1$

-La longitud que recorrerá el vehículo y en la que afectará el viento es: $L=1725 \text{ metros}$

c. Características de las cabinas de transporte 04 a 20 pasajeros

-Material de aluminio, con cubierta de policarbonato.

-Peso de cabina según catálogo 600kg.

-Escogemos para 6 pasajeros sentados más un pasajero parado (total=7).

Peso de persona promedio = 90kg

$7 \times 90\text{kg} = 630 \text{ kg}$

Peso de cabina más peso de pasajeros

$600\text{kg} + 630\text{kg} = \mathbf{1230\text{kg}}$

d. Determinación de cargas en el cable

-Carga de viento. - El sistema del teleférico es una estructura abierta con una pequeña zona de incidentes, genera una carga relativamente pequeña.

-Longitud del cable efectiva = 1725 metros.

$$w_w = 0.75 (1) (20.25) (0.038) (80 + 0.6(1725)) \left[\frac{Kg}{m} \right]$$

$$w_w = 643.49\text{kg}$$

Se determina la carga de viento según los supuestos de diseño:

$P_{\text{personas}} + P_{\text{cabinas}}$

$$W = W_w' + W_{\text{cable}}$$

Según la hipótesis de diseño:

$$P'_{\text{personas}} = 0.8 \cdot (P_{\text{persona}})$$

$$P = 0.8 \cdot (P_{\text{persona}}) + P_{\text{cabinas}} [\text{kg}]$$

$$P = 0.8 \cdot (630) + 600$$

$$P = 1104 \text{kg}$$

e. Diseño de teleférico bicable de vaivén

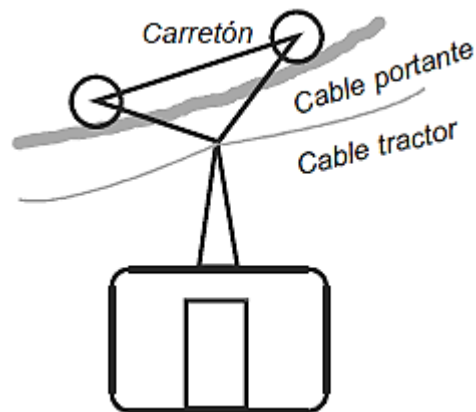


Figura 49. Transporte por cable, de Orro, Novales y Rodrigues, 2003.

-“Bi” previene las dos funciones.

Sustentar la carga y transmitir la tracción.

C. portante

C. tractor

-“Vaivén”

Se mueve hacia adelante y hacia atrás.

Ventajas: las estaciones son menos complejas.

-El vehículo está sujeto al cable tensor.

-Puesto de mando en estación.

-Sistema de mando manual (regula una persona en las cabinas)

-Teleférico de vaivén.

a) Cables empleados: Portante y tractor.

b) Tipo de movimientos: Vaivén.

c) Portador del vehículo (carretón)

o Gondola abierta.

- Grupo de góndolas.
 - G. de G. abiertas.
- d) Tipo de unión: Permanente.

f. Determinación de cargas presentes en el cable

La estructura del sistema de teleférico tiene un tipo de estructura abierta. La area de incidencia es pequeña, puesto que la carga de viento también lo es.

En el diseño, se considera la velocidad del viento de 200 km/h, su influencia tiene poco efecto en el desempeño del sistema estructural, pero en términos de inestabilidad y movimiento del vehículo de transporte, puede afectar el funcionamiento del sistema y así el transporte de individuos.

A continuación, se analiza la carga de viento y determine si su efecto cambiará el comportamiento estructural del sistema.

En el diseño de estructuras afectadas por el viento se considerarán las siguientes influencias:

- Empujes y succiones estáticos.
- Fuerzas dinámicas paralelas y transversales l flujo principal, causadas por turbulencia.
- Vibraciones transversales al flujo causadas por vórtices alternantes.
- Inestabilidad aeroelástica.

Debido a los efectos mencionados, es importante considerar los siguientes supuestos de diseño para determinar el empuje longitudinal, que servirá de base para el cálculo de la torre.

$$H = 60\% + Ww + 80\% * P_{\text{persona}} \quad (4,10)$$

Dónde:

- H : Hipótesis de diseño.
- Ww : Presión del viento (kg)
- P_{persona} : Carga total de personas (Kg)

Esto se debe a que la posibilidad de que ambas fuerzas estén a plena carga es muy baja, por lo que se diseña como un determinado estado de carga, para poder considerar la carga

generada por la acción del viento sobre el cable, y se aplicará la Ec. 4.07, o la Ec. 4.08:

Para luces de hasta 200m:

$$Ww_2 = \frac{Ww}{a}$$

$$Ww_2 = \frac{643.49kg}{1725m} = .37kg/m$$

$$Ww' = 0.6(Ww_2)$$

$$Ww' = 0.6(0.37)Kg/m = 0.22 Kg/m$$

$$W = Ww' + W_{cable}$$

$$W = 0.22 \frac{kg}{m} + 8.02 Kg/m$$

$$W = 8.24 Kg/m$$

g. Cálculo matemático del cable

Para determinar el valor de Y_i , dado que el valor de S es muy grande, S puede ayudarnos a determinar la distancia total del cable, se usara un valor de (4-6) % de S , de los cuales se calculará con el 6%.

$$y_i = (4-6) \% + S \quad (4,10)$$

- S : Luz entre los apoyos del cable, en m.

- y_i : Flecha en punto medio de luz, forma el cable, en m.

Tramo 1: torre A – B

$$t = \frac{S(2P + WS)}{8yc}$$

$$t = \frac{15.30m \left[2(1104kg) + \left(8.24 \frac{Kg}{m} \right) 15.30m \right]}{8(0.918)}$$

$$t = 4862.65kg$$

$$t_A = t \wedge t_B = t$$

$$\theta = 0 \quad \alpha = 0$$

$$L = \left(1 + \frac{8y_i^2}{3S^2}\right) \sqrt{S^2 + h^2}$$

-Longitud total del cable tensado al máximo.

$$L = \left(1 + \frac{8(0.918^2)}{3(15.30^2)}\right) \sqrt{15.30^2 + 0^2}$$

$$L = 15.45m$$

-Tamaño del contrapeso.

- a. Determine el tamaño en función del valor mayor de tracción y de arranque para instalación.
- b. Tracción mayor TRAMO 3

$$T_{max} = 12921.97kg$$

- c. Tracción de arranque para instalación.

$$P_i = 14337.6kg$$

- d. Tensión.

Factor de seguridad

El factor de seguridad del cable se determina de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{R_\beta}{T_{max\,cal}}$$

Por tanto:

$-R_{\beta}$: Resistencia última a la tracción del cable.

$-T_{\max cal}$: Tensión máxima obtenida, en este caso.

Según las normativas de la UNE, la carga actuante se estima con:

$$R_{\mu} = \frac{k' \cdot d^2 \cdot R_0}{1000}$$

Siendo:

R_{μ} = Carga de rotura mínima en KN

d = Diámetro del cable en milímetros.

R_0 = Resistencia de los alambres en N/mm^2

K' = Coeficiente empírico para la carga de rotura mínima para un cable de composición determinada.

Los valores de los factores K' se indican en la Tabla II. K_1 es el coeficiente correspondiente a los cables con alma textil y K_2^1 el correspondiente a los cables con alma metálica.

$$R_{\mu} = \frac{(0.3647) \cdot (38^2) \cdot (1036.8)}{1000}$$

$$R_{\mu} = 546.006KN$$

$$R_{\mu} = 55677.17Kg$$

$$\eta = \frac{R_{\mu}}{T_{\max}}$$

$$\eta = \frac{55677.17Kg}{12921.97Kg}$$

$$\eta = 4.31$$

Tabla 13.

Coefficiente de seguridad del diseño de cables.

Determinación del coeficiente de seguridad	
	Coeficiente de Seguridad
Cables fijos, de puentes colgantes	03-Abr
Cables carriles para teleféricos	3 ^{1/2} – 5
Cables tractores para teleféricos	5 – 7
Cables de labor, elevación y guías	5 – 9
Cables para instalaciones importantes	8 – 12
Cables para transporte de personal	8 – 12
Cables para planos inclinados	5 – 8
Cables para pozos de extracción	8 – 12
Cables para ascensores	12 – 22
Cables para cabrestantes y trenajes	4 – 6
Cables montacargas	8 – 12

Nota: Elaborado por el autor.

-De los coeficientes de rozamiento

- Una vez empezado el movimiento, solo en superficies firmes, para ensayar se usa la velocidad para la fuerza de rozamiento es independiente a la velocidad.
- La fuerza de rozamiento no depende del área aparente de contacto.
- Puesto que el vehículo lleva piezas móviles lisas.
- La característica del cable cerrado es lisa.

- Por lo tanto, no se considera el rozamiento, ya que se encontrará un mínimo valor.

-Incremento de la tensión para el arranque de la instalación.

$$P_I = W \cdot L_n$$

W = P es de del cable

L_c = Longitud necesaria del cable incluidos anclajes.

$$P_I = 8.24 \frac{Kg}{m} \cdot 1740m$$

$$P_I = 14337.6Kg = 140.6 KN$$

Tramo 3: Torre C – D

-Tensión horizontal

$$t = \frac{484.77\{[2(1104)] + (8.24)484.77\}}{8(29.086)}$$

$$t = 12\,921.97Kg$$

-Ángulos que forman las tensiones con el eje horizontal

$$\tan \theta = \frac{1104 + 8.24(484.77)}{2(12921.97)} - \frac{105.08}{484.77}$$

$$\tan \theta = -0.019.$$

$$\theta = \text{arctog}(-0.01948)$$

$$\theta = 88.87^\circ$$

$$\tan \alpha = \frac{1104 + 8.24(484.77)}{2(12921.97)} + \frac{105.08}{484.77}$$

$$\alpha = \text{arctog}(0.4140)$$

$$\alpha = 112.47^\circ$$

-Tensiones T_A; T_B

$$T_A = \frac{t}{\cos \theta} = \frac{12\,921.97}{\cos(90 - 112.47)} = 11\,940.79Kg$$

$$T_B = \frac{t}{\cos \alpha} = \frac{12\,921.97}{\cos(90 - 88.87)} = 12\,919.44Kg$$

-Longitud total del cable tensado al máximo

$$L = \left(1 + \frac{8(29.08^2)}{3(484.77^2)} \right) \sqrt{484.77^2 + 105.08^2}$$

$$L = 500.79m$$



Figura 50. Cable cerrado 38mm por norma UNE.

Se presenta el cuadro resumen de tensiones calculados y su longitud total en todas las torres y apoyos.

Tabla 14

Cuadro resumen de tensiones.

Calculo De Cargas Sometidos Por Cable De Acero Y Cabina Móvil												
Tramo	S (M)	H (M)	Ww (Kg)	Ww	W (Kg/M)	Yc (M)	P (Kg)	T (Kg)	Ang. A	Ang. B	Ta (Kg)	Tb (Kg)
1-2	15,30	0,00	11,86	0,78	8,80	-0,02	0,00	-12874,95	1,58	1,58	-12874,40	-12874,40
2-3	21,90	-6,78	16,98	0,78	8,80	-0,88	1104,00	-7468,15	1,35	1,95	-6937,61	-7286,85
3-4	484,77	-105,09	287,47	0,59	8,61	-29,09	1104,00	-13293,83	1,55	1,96	-12299,60	-13290,96
4-5	379,90	111,30	238,70	0,63	8,65	-22,79	1104,00	-11448,12	2,02	1,47	-11390,01	-10312,39
5-6	340,83	155,28	220,53	0,65	8,67	-20,45	1104,00	-10756,14	2,14	1,31	-10392,42	-9060,22
6-7	56,51	169,56	43,80	0,78	8,80	-3,39	1104,00	-5637,01	2,83	0,34	-1879,87	-1728,17
7-8	45,18	13,14	35,02	0,78	8,80	-2,71	1104,00	-5429,90	1,98	1,42	-5368,28	-4981,60
8-9	18,31	11,69	14,19	0,77	8,79	-0,02	0,00	-18418,13	2,14	1,01	-15597,06	-15514,15

Nota: Elaborado por el autor.

De Los Coeficientes De Razonamiento

- Una vez empezado el movimiento la fuerza de razonamiento es independiente a la velocidad.
- La fuerza de razonamiento no depende del área aparente de contacto.
- Puesto que el vehículo lleva pinzas móviles lisas.
- La característica del cable cerrado es lisa.
 - Por lo tanto, no se considera el rozamiento, ya que se encontrará un mínimo valor.

Incremento De La Tensión Para El Arranque De La Instalación

$$P_I = W \times L_n$$

$$W = \text{Peso del Cable}$$

$$L_n = \text{Longitud necesario del cable incluido anclajes}$$

$$P_I = 8.24 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 1740 \text{ m}$$

$$P_I = 14337.6 \text{ Kg}$$

$$P_I = 140.6 \text{ KN}$$

Factor Seguridad

El factor de seguridad del cable se determina de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{R_\mu}{T_{\text{max cal.}}}$$

$$R_\mu = \text{Resistencia ultima a la traccion del cable}$$

$$T_{\text{max cal}} = \text{Tension maxima obtenida}$$

$$R_u = \frac{K^1 \cdot d^2 \cdot R_0}{1000}$$

R_u = Carga de rotura minima en KN

d = Diametro del cable en milímetros

R_0 = Resistencia de los alambres en N/mm²

K^1 = Coeficiente empirico para la carga

de rotura minima para un cable

alma textil y K^1 el correspondiente a los

cables con alma metalica.

$$R_u = \frac{0.3647 \times 38^2 \times 10368}{1000}$$

$$R_u = 546.006 \text{ KN}$$

$$R_u = 55677.17 \text{ Kg}$$

$$\eta = \frac{R_u}{T_{max}}$$

$$\eta = \frac{55677.17 \text{ Kg}}{12924.64 \text{ Kg}} \eta = 4.31$$

Dimensionamiento Del Contrapeso

-Se dimensiona en base a la tracción mayor y la tracción de arranque para instalación

- a. Tracción mayor TRAMO 03

$$T_{max} = 12921.97 \text{ Kg}$$

- b. Tracción de arranque para instalación

$$P_I = 14337.6 \text{ Kg}$$

El tamaño del contrapeso se basa en la tensión máxima generada en el sistema:

$$V = \frac{T_{max}}{\gamma}$$

- T_{max} = Tracción máxima kg

- γ = peso específico del concreto

- V = Volumen del concreto

Previendo la etapa de montaje, puesto que la tracción de arranque es mayor, se usará la misma.

$$V = \frac{14337.6 \text{ Kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} = 5.97 \text{ m}^3$$

Con base en el volumen dimensionamos el anclaje, lo recomendable es usar una altura considerable, para mejor distribución.

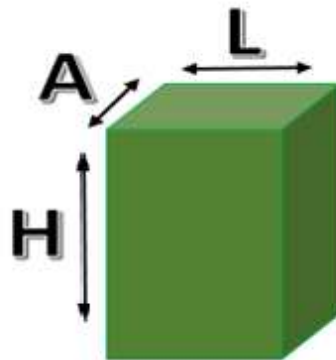


Figura 51. Bloque de concreto.

Nota: Elaborado por el autor.

$$H=3 \quad L=1 \quad A=2$$

Velocidad máxima

-Pero se tomará 4 m/s para que se pueda apreciar el recorrido y tener un viaje uniforme.

-Tiempo aproximado de recorrido

-Distancia de recorrido = 1712.82 metros

$$t = \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}}$$

$$t = \frac{1712.82}{4}$$

$$t = 428.205 \text{ seg}$$

$$t = 7.5 \text{ min}$$

Sistema De Potencia De Funcionamiento

-Potencia De Funcionamiento

-El motor eléctrico mantiene al teleférico con la potencia necesaria para viajar, incluyendo: pasar la cabina por la ruta de cable y superar la fricción generada por el movimiento.

-De esta manera, la potencia de trabajo se convierte:

$$P_f = F_f * V + M_f * \omega$$

Determinando:

F_f :Fuerza de funcionamiento en Kg.

V : Velocidad de las cabinas, en $\frac{m}{s}$.

M_f :Momento Flector necesario para

flejar el cable sobre las ruedas de

traccion y reenvio, en Kg – m.

ω : Velocidad angular de las

ruedas de traccion y reencio, en $\frac{rad}{s}$.

Fuerza De Funcionamiento F_f

Se debe superar la fuerza de fricción del cable y la energía existente para mover el cable entre si, la torre y las partes de soporte en la estación. La fuerza operativa proviene de la suma de las siguientes partes:

Fuerza Tangencial Del Peso De Las Cabinas

Es la componente tangencial del peso de la cabina sobre el cable, para determinar esta fuerza se puede considerar que la cabina está ubicada en la parte del camino con mayor pendiente y ha sido cargada a la capacidad máxima.

Fuerza debido al peso de la cabina

$$P = \text{Peso de cabina cargado} : P = 1230 \text{ Kg}$$

$\alpha =$ Angulo maximo del cable en todo el

recorrido respecto a la horizontal

$$\alpha = 32^\circ$$

$$P_{\text{tag cabina}} = \sum P * \sin \alpha$$

Por línea 1 Cabina

$$P_{\text{tag cabina}} = 1 * 1230 \text{ Kg} * \sin 32$$

$$P_{\text{tag cabina}} = 651.80 \text{ Kg}$$

-Fuerza de rozamiento por rodadura entre las poleas de los trenes de polea y el cable

Para determinar la fuerza, se debe considerar la fricción máxima causada por el movimiento del cable en todas las poleas. De esta forma:

$$F_{\text{roz}} = n_2 * u_2 N_2 + u_3 N_3$$

$$N_2 = T \sin \frac{\alpha_1}{2}$$

$$N_2 = T \sin \frac{\alpha_2}{2}$$

Remplazando las ecuaciones anteriores se tendrá:

$$F_{roz} = N_2 * u_2 T \sin \frac{\alpha_1}{2} + u_3 T \sin \frac{\alpha_2}{2}$$

Lo mismo que resulta:

- N_2 : *Numero total de poleas de soporte en estaciones y en torres = 96*
- u_2 : *Coficiente de rozamiento en rodamientos de las poleas de apoyo*
 $f = 0.005$ tomado del manual SKF
- T : *Tension maxima del cable durante el recorrido, $T = 12924.64 \text{ Kg}$*
- α_1 : *Ángulo máximo de Flexión en las poleas de apoyo, $\alpha_1 = 32^\circ$*
- α_2 : *Ángulo de contacto en las poleas de traccion y reenvio, $\alpha_2 = 0^\circ$*
- u_3 : *Coficiente de rozamiento en rodamientos de las poleas de traccion y reenvios,*
 $f = 0.0005$ tomado del manual SKF
- N_3 : *Fuerza normal cada polea de apoyo*

- N_2 : Fuerza normal cada polea de traccion y reenvio

Determinación de características de garganta de poleas:

Cable d	r	GARGANTA			CUERPO			Cojinete		Long l
		a		h	Diámetros		Eje d_1	Diámetros		
		Fund	Acero		d_2	d_3		d_4	d_5	
3,5 - 5	2,7	25	25	15	100	130	20 - 25	25	35	60
5 - 6,5	3,5	30	30	17,5	125	160	25 - 30	30	40	70
6,5 - 8	4,5	32	30	20	160	200	25 - 40	35	45	70
8 - 10	5,4	36	32	20	200	240	20 - 50	40	50	70
10 - 13	7	40	36	25	250	300	25 - 60	45	57	80
13 - 16	8,5	50	45	30	315	375	30 - 80	50	62	80
16 - 22	12	60	55	30	400	460	40 - 100	55	68	90
22 - 27	14,5	70	65	40	500	580	50 - 125	60	72	90
27 - 33	18	80	75	45	630	720	60 - 140	70	85	100
27 - 33	18	85	80	45	710	800	70 - 160	80	95	100
33 - 43	23	95	90	50	800	900	80 - 180	90	105	100
40 - 45	24	105	95	55	900	1010	90 - 200	100	115	120
40 - 54	24/29	115	105	60	1000	1120	90 - 200	110	125	120
43 - 58	26/32	125	110	65	1120	1250	100 - 220	125	145	140
45 - 58	26/32	135	120	75	1250	1400	100 - 220	140	160	160
51 - 58	32	135	130	75	1400	1550	100 - 220	160	180	180

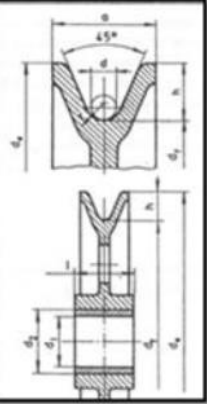


Figura 52. Poleas para Cable de Acero.

Nota: Obtenido de Larburu (s. f.).

Tabla 15

Dimensiones de poleas para porta cables.

Dimensión de poleas para cable portante			
item	Denominación	Sufijo	Dimensión
1	Radio de garganta	r	23mm
2	Ancho de Polea	a	90mm
3	Profundidad de canal	h	50mm
4	Diámetro de cable	dc	38mm

Nota: Elaborado por el autor.**Determinando el Número de Poleas**

Tabla

16

Determinación de poleas.

N° Torre	L1	L2	ángulo	Trabajo de Poleas
1	15,29	22,93	163°	
2	22,93	496,031	185°	
3	496,031	395,86	209°	
4	395,86	290,885	196°	
5	290,88	380,68	186°	
6	380,68	58,01	193°	
7	58,01	46,66	178°	
8	46,66	18,16	195°	

Nota: Elaborado por el autor.

Puesto de los ángulos de trabajo son similares, al ser cóncavos se trabaja con una cantidad estándar de poleas.

12 poleas por cada tren

$$F_{roz} = N_2 * u_2 T \sin \frac{\alpha_1}{2} + u_3 T \sin \frac{\alpha_2}{2}$$

$$F_{roz} = (96)(0.005)(12924.64) \sin \frac{32^\circ}{2}$$

$$F_{roz} = 1710.01 Kg,$$

De esta manera la fuerza de funcionamiento es:

$$F_f = \sum P * \sin \alpha + u_2 T \sin \frac{\alpha_1}{2} + u_3 T \sin \frac{\alpha_2}{2}$$

$$F_f = 651.80 \text{ Kg} + 1710.01 \text{ Kg}$$

$$F_f = 2361.81 \text{ Kg}$$

Una vez obtenido el valor correspondiente a la fuerza operativa, se aplicara la ecuación:

$$P_f = F_f * V$$

$$P_f = (2361.81 \text{ Kg}) \left(4 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$P_f = 124.24 \text{ HP}$$

Diseño Del Cable Tractor

$$R_u = \frac{(0.2948)(18^2)(1570 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})}{1000}$$

$$R_u = 149.96 \text{ KN}$$

$$R_u = 15291.66 \text{ Kg}$$

$$\eta = \frac{R_u}{T_{\text{Cable}}}$$

$$\eta = \frac{15291.66}{2361.81}$$

$$\eta = 6.47$$

Por lo tanto, se usa cable 6x19 + 1T Relleno de 18mm.

Resumen final de cargas en torres, para el diseño estructural de acero estructural.

Tabla 17.

Distribución de tramos y longitud de cable.

Item	Torres	Tramo	Long. Total
1	Apoyo 1 - Torre 01	A-B	15,44m

2	Torre 01 - Torre 02	B-C	23,14m
3	Torre 02 - Torre 03	C-D	500,78m
4	Torre 03 - Torre 04	D-E	399,70m
5	Torre 04 - Torre 05	E-F	293,06m
6	Torre 05 - Torre 06	F-G	387,96m
7	Torre 06 - Torre 07	G-H	58,57m
8	Torre 07 - Torre 08	H-I	47,12m
9	Torre 08 - Apoyo 02	I-J	18,33m

Nota: Elaborado por el autor.

Tabla 18

Cargas actuantes en los cables.

Ángulos		Punto "A"		Punto "B"		Torres
A	B	Fx-x	Fz-z	Fx-x	Fz-z	
97,23°	97,23°	-4785,61 kg	607,19 kg	-4785,61 kg	607,19 kg	Apoyo 1 - Torre 01
79,76°	113,68°	-4484,52 kg	-810,47 kg	-4484,53 kg	1966,22 kg	Torre 01 - Torre 02
88,87°	112,47°	- 11938,45 kg	-236,37 kg	- 11938,45 kg	4938,14 kg	Torre 02 - Torre 03
115,80°	84,17°	-9961,61 kg	4814,51 kg	-9961,61 kg	- 1017,57 kg	Torre 03 - Torre 04
128,80°	65,83°	-6273,08 kg	5043,85 kg	-6273,08 kg	- 2814,91 kg	Torre 04 - Torre 05
124,16°	73,11°	-8329,46 kg	5652,19 kg	-8329,47 kg	- 2529,19 kg	Torre 05 - Torre 06
110,47°	84,74°	-5195,91 kg	1939,18 kg	-5195,91 kg	-478,31 kg	Torre 06 - Torre 07
111,62°	83,08°	-4960,89 kg	1965,37 kg	-4960,88 kg	-602,19 kg	Torre 07 - Torre 08
97,29°	97,29°	4909,85 kg	-627,94 kg	4909,85 kg	-627,94 kg	Torre 08 - Apoyo 02

Nota: Elaborado por el autor.

4.2.6. Diseño Estructural De Las Torres De Soporte

Las torres estructurales cumplen la función de soporte del cable de acero y están ubicadas en la ruta del teleférico, aparte de la función estructural, también aporta en el apoyo de las roldanas o balancines del cable, lo que permite que el cable trabaje correctamente como elemento mecánico del sistema teleférico. El diseño estructural comprende la evaluación integral de las torres con mayores esfuerzos actuantes, por lo que se realiza el diseño para las torres tipo I (torre

N°01, torre N°07 y torre N°08), Torre tipo II (torre N°02), Torre tipo III (torre N°04, torre N°05 y torre N°06) y la Torre tipo IV (torre N°03).

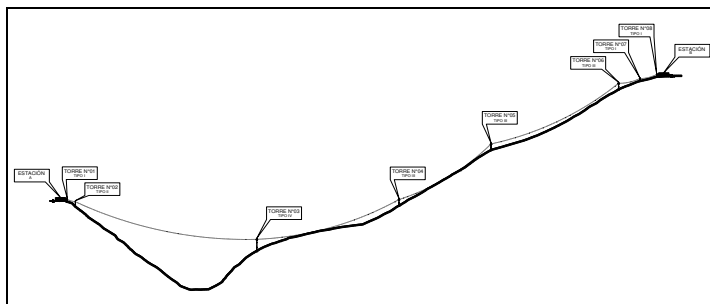


Figura 53. Ubicación de torres.

Nota: Elaborado por el autor.

A. Materiales Usados para el Análisis Estructural

Se detallan las principales características de los materiales empleados en la estructura para el análisis sísmico.

- Concreto:

Peso Específico	: 2,400 kg/m ³
Resistencia a la Compresión ($f'c$)	: 280 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E_c)	: 250,998.01 kg/cm ²
Módulo de Poisson (ν)	: 0.15
- Acero De Refuerzo:

Peso Específico	: 7,850 kg/m ³
Esfuerzo de Fluencia (f_y)	: 4,200 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E_s)	: 2'000,000.00 kg/cm ²
Módulo de Poisson (ν)	: 0.30
- Acero Estructural A36

Peso Específico	: 7,850 kg/m ³
Esfuerzo de Fluencia (f_y)	: 2,530 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E_s)	: 2'100,000.00 kg/cm ²
Módulo de Poisson (ν)	: 0.30
Electrodo de Diseño	: E-7018

B. Estructuración de las torres

La estructura tiene las siguientes características Tiene categoría A2, pues será un medio de transporte único de los distritos conectados en caso de inundaciones y/o desastres naturales. Como indica la norma peruana, el criterio de diseño sísmico se

basa en optar por elementos resistente a momentos como es el caso del pilar de acero que se propone en la estructura.

La distribución de los elementos de la Torre de soporte se debe a los modelos típicos de teleféricos instalados en nuestro continente. Los cimientos se diseñarán como Zapatas aisladas, realizándose las verificaciones correspondientes en cumplimiento de la normativa E.050.

El Modelo Matemático del edificio confeccionado en el software de Análisis Sísmico SAP2000 V20 como sigue:

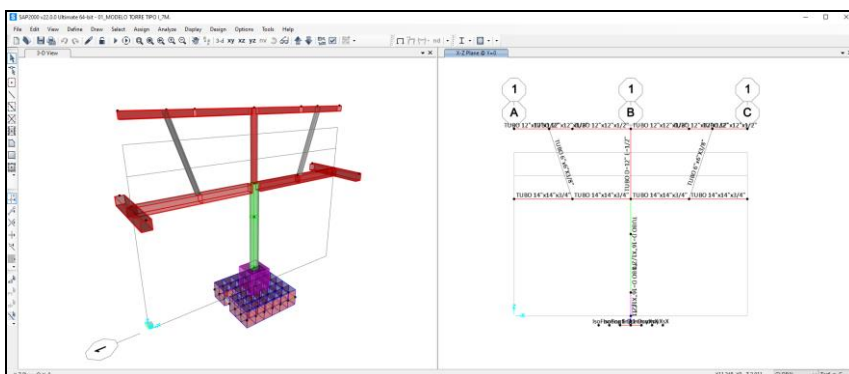


Figura 54. Vista en 3D de la torre de soporte típico.

Nota: TORRE TIPO I H=7.00m. Elaborado por el autor en SAP2000.

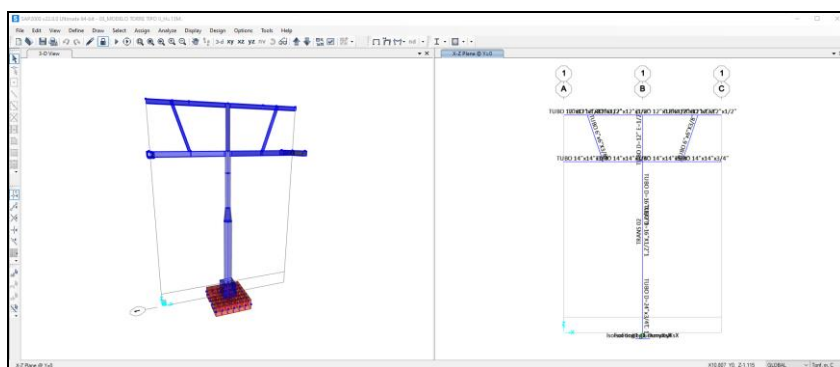


Figura 55. Vista en 3D de la torre de soporte típico.

Nota: TORRE TIPO II H=13.00m. Elaborado por el autor en SAP2000.

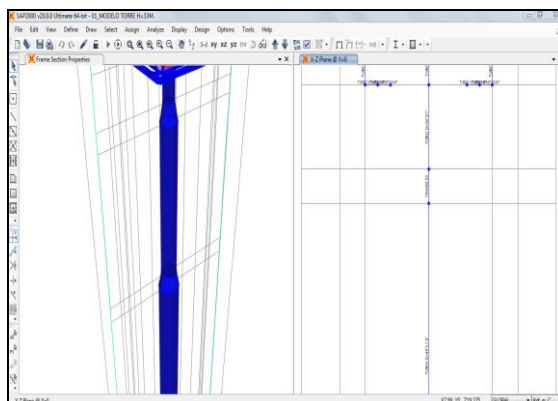


Figura 59. Fuente: Dimensiones Pilares de soporte de Torre N°03.

Nota: Elaborado por el autor en SAP2000.

C. Cargas de viento

Según la norma NTE E.020 de cargas, artículo 12 de cargas debido a vientos, se analiza las cargas de viento con velocidad mínima de 75 Km/h.

$$V_h = V \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

Donde:

V_h : es la velocidad de diseño en la altura h en Km/h.

V : es la velocidad de diseño hasta 10m de altura en Km/h.

H : es la altura sobre el terreno en metros.

Del cual se tiene el siguiente resultado.

$$V_h = 75 \left(\frac{33}{10} \right)^{0.22} = 97.53 \text{ Km/h}$$

La carga exterior de viento se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_h = 0.005 \times C_x (V_h)^2$$

Donde:

P_h : presión o succión del viento a una altura h en kg/m².

C : Factor de forma adimensional de la Tabla 4 de la NTE.020.

V_h : velocidad de diseño a la altura h , en Km/h.

El factor “C” se obtiene de la Tabla 04, de la cual, la forma de la estructura es la de elemento vertical tipo anuncio que será sometido a acciones de presión tipo BARLOVENTO⁶ con un factor de amplificación de 1.50.

⁶ Es la presión directa que somete las cargas de viento a una superficie.

$$P_h = 0.005 \times 1.50 \times (97.53)^2 = 71.34 \text{ kg/m}^2$$

Los esfuerzos con incidencia en el análisis estructural, se da en el área de contacto del pilar de secciones variables de soporte principal, por lo que se distribuirá las cargas de manera lineal en ambas direcciones de diseño.

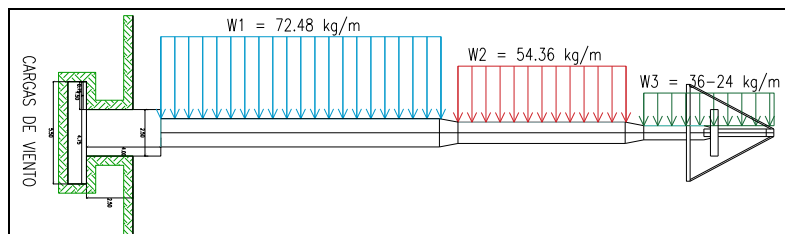


Figura 60. Distribución de cargas sobre la Torre.

Nota: Elaborado por el autor en SAP2000.

D. Parámetros Sísmicos

Los parámetros sísmicos considerados de acuerdo a las características del terreno de fundación, ubicación y propios de la estructura son provistos de la norma NTE E.030-2016 de diseño Sismoresistente del Reglamento Nacional de edificaciones vigentes y consideramos irregularidad en elevación por peso y masa.

Tabla 19

Parámetros Sísmicos de las Torres.

Ítem	Descripción	Valor
1	Factor de Zona "Z"	0,35
2	Factor de Suelo "S"	1,2
3.1	Periodo T_p	1
3.2	Periodo T_I	0,6
4	Factor de Uso "U"	1,5
5	Factor de Sistema Estructural "R"	8
5.1	Irregularidad en altura en X-X	0,9
5.2	Irregularidad en altura en Y-Y	0,9

Nota: Elaborado por el autor.

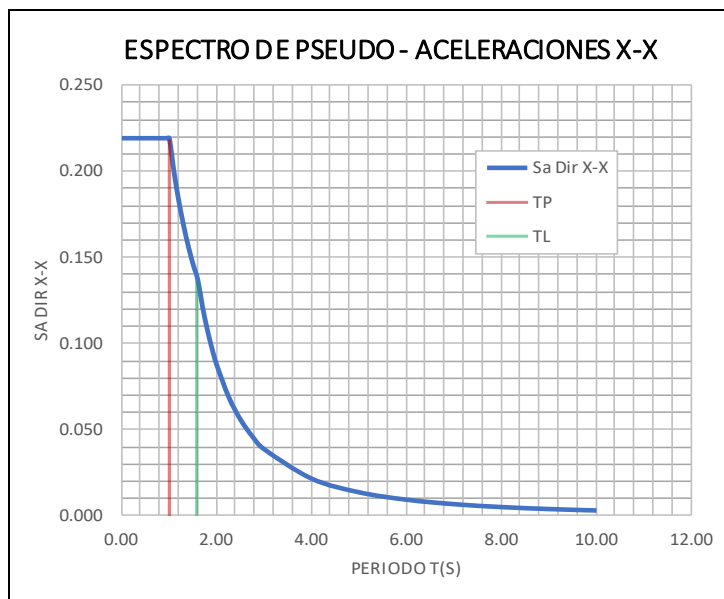


Figura 61. Espectro de respuesta sísmica de las torres de soporte.

Nota: Elaborado por el autor.

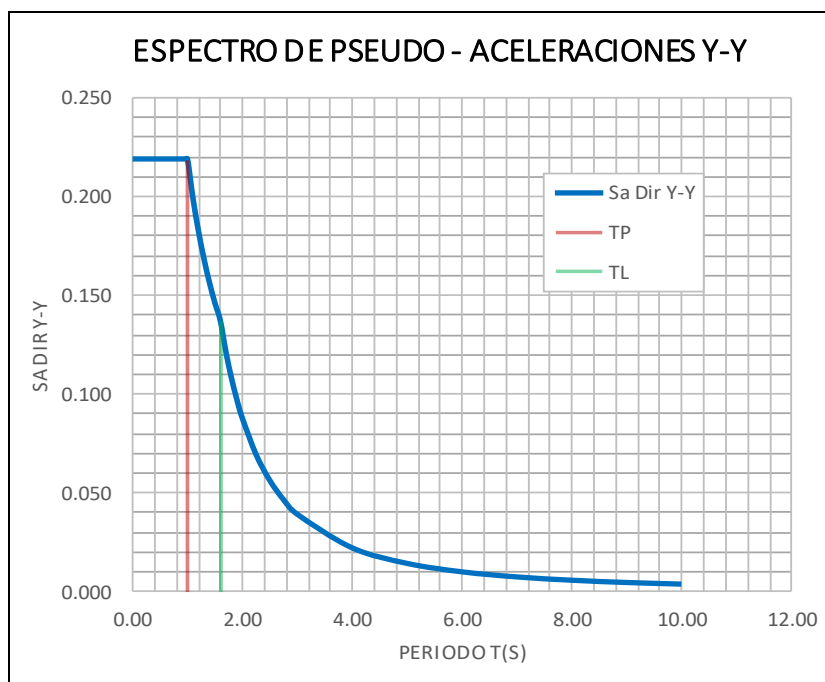


Figura 62. Espectro de respuesta sísmica de las torres de soporte.

Nota: Elaborado por el autor.

E. Análisis Sísmico Estático

Peso Sísmico de la Estructura, considerando el 100% de la Carga Muerta, 50% de Carga Viva de mantenimiento y evacuación.

Tabla 20

Peso sísmico de la Estructura – Torre N°03 (tipo IV).

Table: Auto Seismic - User Coefficient							
LoadPat	Dir	PercentEcc	EccOverride	UserZ	C	K	WeightUsed
Text	Text	Unitless	Yes/No	Yes/No	Unitless	Unitless	Tonf
SIS ESTAT	X-X X	0,05	No	No	0,2188	1	46,7075
SIS ESTAT	Y-Y Y	0,05	No	No	0,2138	1	46,7075

Nota: Elaborado por el autor.

Factor de Corte:

$$Ccx - x = \frac{ZUCS}{R} = 0.219$$

$$Ccy - y = \frac{ZUCS}{R} = 0.219$$

Fuerza Cortante en la base de las torres de soporte.

Tabla 21

Fuerzas Cortantes actuantes en las Torres.

TABLE: Base Reactions - Static Loads								
Torres	OutputCase	OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
N°	Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
TORRE TIPO I	SIS ESTAT X-X	SIS ESTAT X-X	LinStatic	-6,119	0,000	0,000	0,000	2,448
	SIS ESTAT Y-Y	SIS ESTAT Y-Y	LinStatic	0,000	-5,979	0,000	-2,392	0,000
TORRE TIPO II	SIS ESTAT X-X	SIS ESTAT X-X	LinStatic	-6,8101	-9,99E-13	-1,23E-14	-4,00E-13	2,72403
	SIS ESTAT Y-Y	SIS ESTAT Y-Y	LinStatic	-8,95E-13	-6,6545	0,00E+00	-2,66178	3,58E-13
TORRE TIPO III	SIS ESTAT X-X	SIS ESTAT X-X	LinStatic	-7,215	0,000	0,000	0,000	-3,608
	SIS ESTAT Y-Y	SIS ESTAT Y-Y	LinStatic	0,000	-7,050	0,000	3,525	0,000
TORRE TIPO IV	SIS ESTAT X-X	SIS ESTAT X-X	LinStatic	-6,895	0,000	0,000	0,000	-62,059
	SIS ESTAT Y-Y	SIS ESTAT Y-Y	LinStatic	0,000	-6,738	0,000	60,641	0,000

Nota: Elaborado por el autor.

F. Análisis Modal De La Estructura

Masas de la estructura: Según los lineamientos de la Norma de Diseño Sismo Resistente NTE E.030, y considerando las cargas mostradas anteriormente, se realizó el análisis modal de la estructura total. Para efectos de este análisis el peso de la estructura se consideró el 100% de la carga muerta, el 50% de la carga, considerando que la estructura es de la categoría A2.

Tabla de periodos de la Estructura: El programa SAP2000 v20 calcula las frecuencias naturales y los modos de vibración de las estructuras. En el análisis tridimensional se ha empleado la superposición de los primeros modos de vibración por ser los más representativos de la estructura.

Se observa que los valores obtenidos del análisis modal usando el software SAP2000 son correspondientes al sistema estructural seleccionado, mostrando un cierto grado de flexibilidad que se expresa como ductilidad de la estructura.

Tabla 22

Modos de vibración de la torre.

Table: Modal Periods and Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNumber	Period	Frequency	CircFrequency	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
Modal	Mode	1	0,245	4,082	25,645	657,66
Modal	Mode	2	0,244	4,104	25,784	664,803
Modal	Mode	3	0,09	11,14	69,996	4899,5
Modal	Mode	4	0,088	11,408	71,679	5137,824
Modal	Mode	5	0,047	21,235	2	17801,468
Modal	Mode	6	0,044	22,946	1	20785,314
Modal	Mode	7	0,041	24,477	1	23651,695
Modal	Mode	8	0,035	28,58	6	32247,39
Modal	Mode	9	0,033	30,023	9	35584,592
Modal	Mode	10	0,025	40,588	5	65037,61
Modal	Mode	11	0,024	40,82	1	65782,316
Modal	Mode	12	0,024	41,046	1	66512,973

Nota: Elaborado por el autor.

Resumen de Periodos predominantes: Los periodos de vibración de la torre analizada están dentro del margen establecido por la NTE.030, además se puede observar en la siguiente tabla que los primeros modos de vibración participan más del 90% de la masa de la estructura, siendo esto conforme al código de diseño estructural vigente.

Tabla 23

Modos de vibración de la torre.

Table: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	Sum UX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Modal	Mode	1	0,245	0,0000	0,9565	0,0000	0,9565
Modal	Mode	2	0,2437	0,9602	0,0000	0,9602	0,9565
Modal	Mode	3	0,0898	0,0000	0,0434	0,9602	0,9999
Modal	Mode	4	0,0877	0,0398	0,0000	1,0000	0,9999
Modal	Mode	5	0,0471	0,0000	0,0001	1,0000	1,0000
Modal	Mode	6	0,0436	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Modal	Mode	7	0,0409	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Modal	Mode	8	0,035	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Modal	Mode	9	0,0333	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Modal	Mode	10	0,0246	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Modal	Mode	11	0,0245	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Modal	Mode	12	0,0244	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000

Nota: Elaborado por el autor

Los modos de vibración predominantes son el **Mode 1** en el sentido **X-X**, y el **Mode 2** en el sentido **Y-Y**.

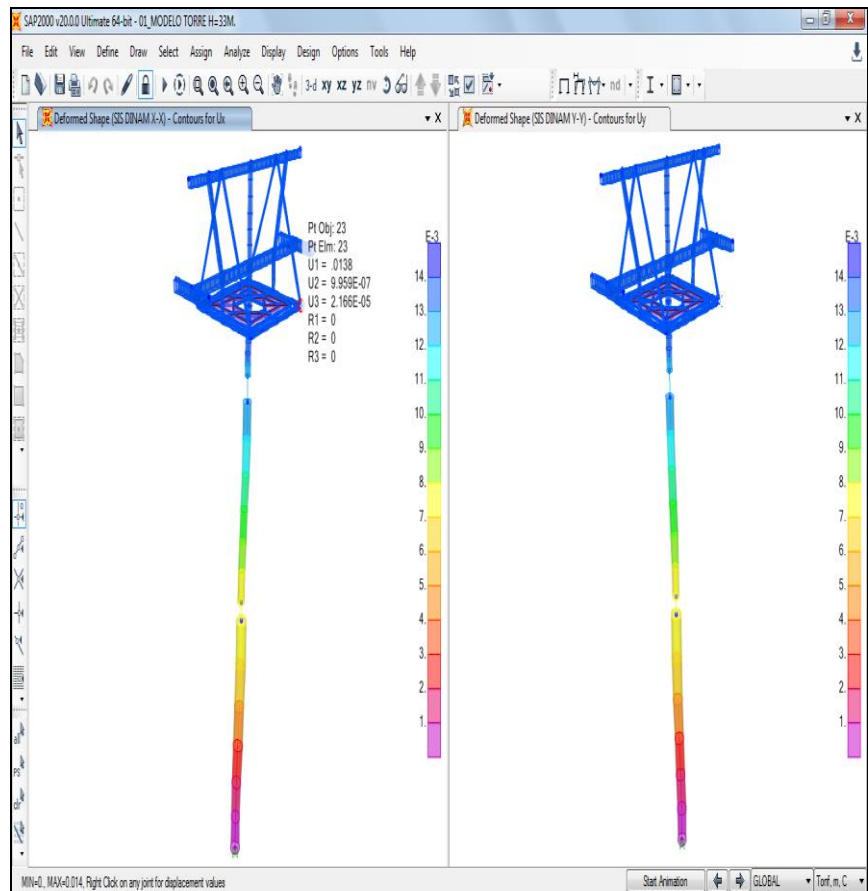


Figura 63. Modos de vibración de mayor participación de masas.

Nota: Elaborado por el autor en SAP2000.

G. Análisis Sísmico Dinámico

La siguiente tabla muestra las Fuerzas Cortantes de Carga Sísmica Dinámica en la base de la estructura, siendo estas semejantes a las estáticas.

Tabla 24

Fuerza Cortante por cargas sísmica dinámica de la torre.

TABLE: Base Reactions - Seismic Dinamic Loads								
Torres	OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
N°	Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
TORRE TIPO I	SIS DINAM X-X	LinRespSpec	Max	5,0493	3,18E-05	1,94E-09	1,27E-05	2,01973
	SIS DINAM Y-Y	LinRespSpec	Max	3,18E-05	4,7422	7,07E-10	1,89689	0,00001272
TORRE TIPO II	SIS DINAM X-X	LinRespSpec	Max	5,8771	5,57E-05	3,56E-08	2,23E-05	2,35083
	SIS DINAM Y-Y	LinRespSpec	Max	5,48E-05	5,8	2,37E-09	2,31999	0,00002192
TORRE TIPO III	SIS DINAM X-X	LinRespSpec	Max	4,9279	1,47E-07	2,20E-07	7,34E-08	2,46397
	SIS DINAM Y-Y	LinRespSpec	Max	8,55E-08	4,7899	0,0015	2,39497	0,00768
TORRE TIPO IV	SIS DINAM X-X	LinRespSpec	Max	5,0237	2,53E-10	2,11E-07	2,28E-09	45,21317
	SIS DINAM Y-Y	LinRespSpec	Max	4,80E-11	5,0117	1,30E-03	45,10531	6,64E-03

Nota: Elaborado por el autor.

H. Evaluación de resultados del análisis sísmico de la Torre

- Evaluación de Distorsiones y desplazamientos:

Los desplazamientos obtenidos fueron procesados, transformándolos en desplazamientos inelásticos, con el cual se obtiene las derivas de cada uno de las torres analizadas.

Tabla 25

Desplazamientos y distorsiones de las torres.

TABLE: Story Displacement and Story Drifts								
Torres N°	Load Case Text	CaseType Text	Direc. Text	Desplaz. mm.	High m.	Drift SAP2000	Drift E.030	Obs. < 0.010
TIPO I	SIS DINAM X-X	LinRespSpec	X	3,81	7,00	0,00054	0,00435	CUMPLE
	SIS DINAM Y-Y	LinRespSpec	Y	3,89	7,00	0,00056	0,00445	CUMPLE
TIPO II	SIS DINAM X-X	LinRespSpec	X	6,46	13,00	0,00050	0,00398	CUMPLE
	SIS DINAM Y-Y	LinRespSpec	Y	6,48	13,00	0,00050	0,00399	CUMPLE
TIPO III	SIS DINAM X-X	LinRespSpec	X	20,01	18,00	0,00111	0,00889	CUMPLE
	SIS DINAM Y-Y	LinRespSpec	Y	19,82	18,00	0,00110	0,00881	CUMPLE
TIPO IV	SIS DINAM X-X	LinRespSpec	X	35,19	33,00	0,00107	0,00853	CUMPLE
	SIS DINAM Y-Y	LinRespSpec	Y	34,74	33,00	0,00105	0,00842	CUMPLE

Nota: Elaborado por el autor.

En las tablas anteriores se observa que los desplazamientos están dentro del margen establecido en la norma NTE.030 de Diseño Sismo resistencia, las Torres 03 y 04 están en el límite permisible que es de 0.010, esto debido a la altura que requieren estos elementos estructurales.

- Evaluación de la cortante basal.
Cortante mínima en la Base (NTE-030 18.2), El cortante mínimo en la debe ser como mínimo el 90% del cortante total en la base del análisis estático.

Tabla 26
Cortante basal vs cortante dinámico.

Table: Base Reactions - Seismic Loads					
Torres	Direct.	Static Load	Dinamic Load	Obs.	Factor
N°		Tonf	Tonf	A>90%	Escal.
Torre N°01	X	-6,119	5,049	82,52%	1,09
	Y	-5,979	4,742	79,31%	1,13
Torre N°02	X	-6,810	5,877	86,30%	1,04
	Y	-6,655	5,800	87,16%	1,03
Torre N°03	X	-7,215	4,928	68,30%	1,32
	Y	-7,050	4,790	67,94%	1,32
Torre N°04	X	-6,895	5,024	72,86%	1,25
	Y	-6,738	5,012	74,38%	1,22

Nota: Elaborado por el autor.

Como se observa en la tabla anterior, el porcentaje de carga sísmica estática que representan las cargas dinámicas no logran superar el 90% en su totalidad.

I. Diseño de elementos de acero y concreto armado

Con los esfuerzos obtenidos de los análisis sísmicos de la estructura, se procede a diseñar los elementos estructurales en base a la norma AISC 360-05/IBC-2006 en concordancia con la NTE E.090 de Estructuras Metálicas. Y el diseño de la cimentación en concordancia de la NTE E.060 Concreto Armado y la NTE E.050 de Suelos y Cimentaciones del RNE vigentes.

a. Combinaciones de cargas

Las combinaciones de cargas usadas para la verificación de los elementos de concreto de la estructura son las siguientes:

- Para elementos de concreto armado:

$$\text{COMB1: } 1.40D + 1.70L$$

$$\text{COMB2: } 1.25D + 1.25L \pm EQ_x$$

$$\text{COMB3: } 1.25D + 1.25L \pm EQ_y$$

$$\text{COMB4: } 0.90D \pm EQ_x$$

$$\text{COMB5: } 0.90D \pm EQ_y$$

Donde:

D: Carga permanente.

L: Carga Viva.

EQ: sismo.

Para el diseño de los elementos metálicos, se procede a usar las combinaciones de cargas estipulados en la NTE E.090.

- Para elementos de Estructura Metálica:

$$1,4D$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

$$1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W)$$

$$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

$$1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$$

Dónde: D: Carga Muerta, L: Carga Viva, S: Carga de Nieve, R: Carga por Lluvia, W: Carga por Viento y E: Carga Sísmica.

b. Diseño de estructura metálica de la torre de soporte

Se plantea usar secciones tubulares de 36" de material A36 como elemento principal de soporte en columnas metálicas.

Sección tubular D=36" E=1".

Section Name: TUBO D=36"X1"			
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0709	Section modulus about 3 axis	0.0153
Moment of Inertia about 3 axis	7.014E-03	Section modulus about 2 axis	0.0153
Moment of Inertia about 2 axis	7.014E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0201
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0201
Shear area in 2 direction	0.0355	Radius of Gyration about 3 axis	0.3144
Shear area in 3 direction	0.0355	Radius of Gyration about 2 axis	0.3144
Torsional constant	0.014	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 64. Propiedades de la sección tubular D=36" E=1".

Nota: Elaborado por el autor en SAP2000.

La sección propuesta debe ser sísmicamente robusta, cumpliendo con lo estipulado en el AISC 360-10/IBC-2006; para elementos en compresión como las columnas, se verifica lo indicado en la Tabla B4. 1a y Tabla B4.1b de la NTE.090.

$$\frac{D}{t} \leq 0.11 \frac{E}{f_y}$$

$$\frac{36in}{1in} \leq 0.11 \frac{2100000kg/cm^2}{2530 kg/cm^2}$$

$$36 \leq 91.30 \quad \dots(\text{cumple})$$

Para calcular el Resistencia Nominal de carga axial y momento en la sección propuesta, usamos las siguientes ecuaciones obtenidos de la norma NTE E.090.

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_n = A_g x F_{cr} \quad M_n = f_y x Z$$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) f_y \quad \text{se usa cuando } \lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} < 1.5$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_g}} \quad (\text{Radio de Giro})$$

Donde:

- Ru : Resistencia ultima de demanda.
 Rn : Resistencia nominal de la sección.
 K : Factor de esbeltez K=0.70 para elementos empotrados.
 I : Momento de Inercia de sección.
 Ag : Área geométrica de la sección neta.
 Z : Momento plástico de la sección.
 R : Radio de giro de la sección.

Los coeficientes de reducción aplicado a la resistencia nominal, según la norma NTE E.090, se considera 0.85 para elementos a flexo compresión y 0.90 para elementos diseñados a flexión.

Para calcular la ratio de capacidad del elemento diseñado se usó la siguiente relación:

$$\frac{D}{C} = \frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mux}{\phi_b Mnx} + \frac{Muy}{\phi_b Mny} \right) < 1.00$$

Se realiza un esquema para la identificación de elementos diseñados en las tablas que se muestran a continuación.

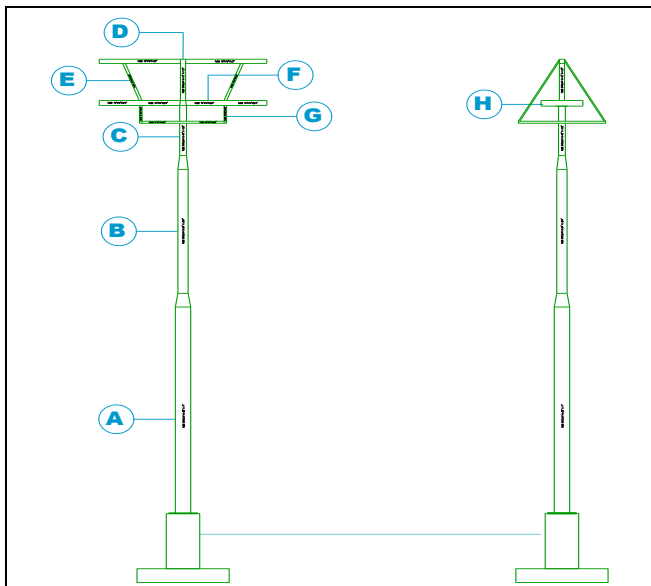


Figura 65. Esquema general de la Torre de soporte.

Nota: Elaborado por el autor.

El diseño de las torres se basa en la estimación de los ratios, estas deben ser menores a la unidad.

Tabla 27

Diseño estructural de la Torre TIPO I.

Tabla: Diseño Estructural De Elementos - Nte E.090 Torre Tipo I														
S	Elemento	Carga Demanda			Propiedades De Sección					Resistencia De Sección			Ratio	
		Pu (Ton)	Mux- X (Ton- M)	Muy- Y (Ton- M)	Ag (M2)	L (M)	Rc (M)	Zc (M3)	Λ_c	Fcr (Kg/Cm2)	Pn (Ton)	Mnx-X (Ton- M)	Mny-Y (Ton- M)	D/C
C	Tubo 16"X1/2"	11,29	3,61	4,77	0,0157	4,00	0,1393	0,0019	0,222	2478,31	389,09	48,07	48,07	0,206
D	Tubo 12"X1/2"	2,49	0,44	0,83	0,0117	3,00	0,1037	0,0011	0,224	2477,54	289,87	27,83	27,83	0,055
E	Tubo 6"X6"X3/8"	0,61	0,08	0,16	0,0054	3,10	0,0585	0,0003	0,410	2358,24	127,34	7,59	7,59	0,037
Elementos Estructurales Sometidos A Fuerzas Axiales														
F	Tubo 14"X14"X3/4"	1,25	4,18	1,5	0,0257	2,50	0,1376	0,0033	0,141	2509,18	644,86	83,49	83,49	0,069
H	Tubo 14"X14"X3/4"	6,28	1,06	0,23	0,0387	2,50	0,1559	0,0055	0,124	2513,76	972,83	139,15	139,15	0,017

Nota: Elaborado por el autor.

Tabla 28

Diseño estructural de la Torre TIPO II.

Tabla: Diseño Estructural De Elementos - Nte E.090 Torre Tipo II

S	Elemento	Carga Demanda			Propiedades De Sección					Resistencia De Sección			Ratio	
		Pu (Ton)	Mux- X (Ton- M)	Muy- Y (Ton- M)	Ag (M2)	L (M)	Rc (M)	Zc (M3)	Λ_c	Fcr (Kg/Cm2)	Pn (Ton)	Mnx-X (Ton- M)	Mny-Y (Ton- M)	D/C
B	Tubo 24"X3/4"	15,71	9,01	53,05	0,0353	5,00	0,2089	0,0066	0,185	2493,97	880,37	166,98	166,98	0,388
C	Tubo 16"X1/2"	13,49	4,29	26,5	0,0157	4,00	0,1393	0,0019	0,222	2478,31	389,09	48,07	48,07	0,673
D	Tubo 12"X1/2"	2,9	0,41	1,29	0,0117	3,00	0,1037	0,0011	0,224	2477,54	289,87	27,83	27,83	0,072
E	Tubo 6"X6"X3/8"	0,78	0,08	0,3	0,0054	3,10	0,0585	0,0003	0,410	2358,24	127,34	7,59	7,59	0,057
Elementos Estructurales Sometidos A Fuerzas Axiales														
F	Tubo 14"X14"X3/4"	1,07	5,5	13,04	0,0257	2,50	0,1376	0,0033	0,141	2509,18	644,86	83,49	83,49	0,221
H	Tubo 14"X14"X3/4"	16,71	0,48	0,11	0,0387	2,50	0,1559	0,0055	0,124	2513,76	972,83	139,15	139,15	0,024

Nota: Elaborado por el autor.

Tabla 29

Diseño estructural de la Torre TIPO III.

Tabla: Diseño Estructural De Elementos - Nte E.090 Torre Tipo III

S	Elemento	Carga Demanda			Propiedades De Sección					Resistencia De Sección			Ratio	
		Pu (Ton)	Mux-X (Ton-M)	Muy-Y (Ton-M)	Ag (M2)	L (M)	Rc (M)	Zc (M3)	Λc	Fcr (Kg/Cm2)	Pn (Ton)	Mnx-X (Ton-M)	Mny-Y (Ton-M)	D/C
B	Tubo 24"X3/4"	22,51	22,18	46,76	0,0353	9,00	0,2089	0,0066	0,333	2415,12	852,54	166,98	166,98	0,439
C	Tubo 16"X1/2"	19,27	5,79	11,81	0,0157	4,00	0,1393	0,0019	0,222	2478,31	389,09	48,07	48,07	0,420
D	Tubo 12"X1/2"	3,95	0,6	0,78	0,0117	3,00	0,1037	0,0011	0,224	2477,54	289,87	27,83	27,83	0,065
E	Tubo 6"X6"X3/8"	0,75	0,12	0,08	0,0054	3,10	0,0585	0,0003	0,410	2358,24	127,34	7,59	7,59	0,033
Elementos Estructurales Sometidos A Fuerzas Axiales														
F	Tubo 14"X14"X3/4"	1,43	6,71	4,94	0,0257	2,50	0,1376	0,0033	0,141	2509,18	644,86	83,49	83,49	0,140
G	Tubo 6"X6"X3/8"	1,63	0,35	0,37	0,0054	2,50	0,0585	0,0003	0,331	2416,92	130,51	7,59	7,59	0,108
H	Tubo 14"X14"X3/4"	11,66	6,15	0,94	0,0387	2,50	0,1559	0,0055	0,124	2513,76	972,83	139,15	139,15	0,064

Nota: Elaborado por el autor

Tabla 30

Diseño estructural de la Torre TIPO IV.

Tabla: Diseño Estructural De Elementos - Nte E.090 Torre Tipo Iv														
S	Elemento	Carga Demanda			Propiedades De Sección					Resistencia De Sección			Ratio D/C	
		Pu (Ton)	Mux-X (Ton- M)	Muy- Y (Ton- M)	Ag (M2)	L (M)	Rc (M)	Zc (M3)	Λc	Fcr (Kg/Cm2)	Pn (Ton)	Mnx-X (Ton- M)		Mny-Y (Ton- M)
A	Tubo 36"X1"	58,11	83,84	117,3	0,0709	15,00	0,3144	0,0201	0,369	2389,85	1694,40	508,53	508,53	0,431
B	Tubo 24"X3/4"	45,63	43,16	63,56	0,0353	9,00	0,2089	0,0066	0,333	2415,12	852,54	166,98	166,98	0,694
C	Tubo 16"X1/2"	38,03	10,98	16,7	0,0157	4,00	0,1393	0,0019	0,222	2478,31	389,09	48,07	48,07	0,684
D	Tubo 12"X1/2"	7,44	0,6	1,01	0,0117	3,00	0,1037	0,0011	0,224	2477,54	289,87	27,83	27,83	0,087
E	Tubo 6"X6"X3/8"	2,09	0,12	0,12	0,0054	3,10	0,0585	0,0003	0,410	2358,24	127,34	7,59	7,59	0,051
Elementos Estructurales Sometidos A Fuerzas Axiales														
F	Tubo 14"X14"X3/4"	3,2	19,1	7,01	0,0257	2,50	0,1376	0,0033	0,141	2509,18	644,86	83,49	83,49	0,315
G	Tubo 6"X6"X3/8"	1,39	0,47	0,42	0,0054	2,50	0,0585	0,0003	0,331	2416,92	130,51	7,59	7,59	0,128
H	Tubo 14"X14"X3/4"	16,71	5,4	1,12	0,0387	2,50	0,1559	0,0055	0,124	2513,76	972,83	139,15	139,15	0,066

Nota: Elaborado por el autor.

Se verifica que todos los perfiles estructurales que conforman las torres de soporte presentan ratios menores a la unidad, obteniéndose el máximo valor en la torre N°03 (TIPO IV) con el valor máximo de 0.694.

c. Diseño de anclaje de tubo de acero a dado de concreto

Para el dimensionamiento y diseño de los apoyos anclados, se usó el método del LRFD y consideraciones de la normativa NTE.090.

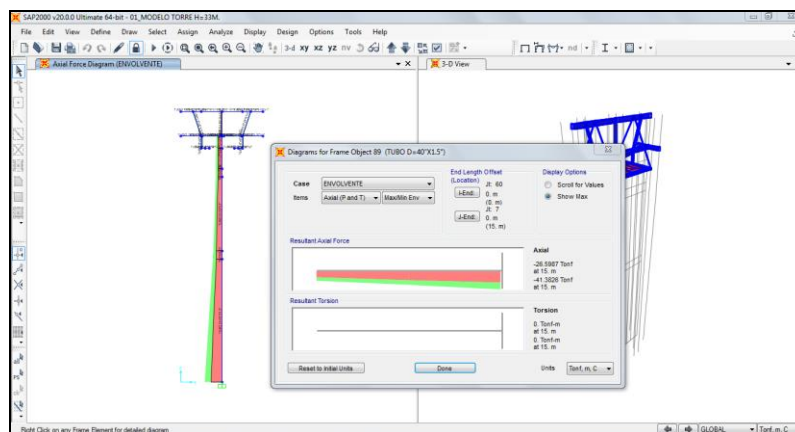


Figura 66. Cargas Axiales actuantes en la base de la torre.

Nota: Elaborado por el autor.

El valor de la carga axial obtenida del análisis estructural es de 58.11 toneladas, en base a este valor se dimensionaron los elementos de sujeción de la base.

d. Diseño de plancha de apoyo

AISC-LRFD establece para el concreto, en su Sección D-19 que:

$$\phi_c P_p \geq P_u$$

- 1) Si el área del apoyo de concreto está cubierta completamente por la plancha:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \quad A_1 = A_2 \quad (\alpha)$$

- 2) Si el área de la plancha A_1 es menor que la superficie de concreto sobre la que descansa, A_2 , que sea geoméricamente similar y concéntricamente cargada:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \sqrt{A_2 / A_1} \leq 0.85 f'_c (2 A_1) \quad A_1 < A_2 \quad (\beta)$$

donde

$\phi_c = 0.60$ para el concreto;

f'_c resistencia del mismo a los 28 días.

P_p Resistencia Nominal del concreto contra el aplastamiento de la plancha.

A_1 = Área de la plancha; A_2 = área del pedestal o zapata.

Figura 67. Esquema de apoyo con anclaje de estructuras metálicas.

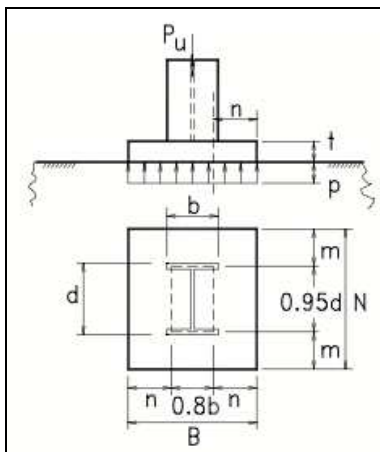


Figura 68. Diseño de Estructuras metálicas, Zapata Banglieto. Verificamos la Resistencia nominal del concreto contra el aplastamiento de la plancha:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.85 f'_c (2A_1)$$

$$P_p = 0.85 * 280 * 180 * 180 \sqrt{\frac{200 * 200}{180 * 180}} \leq 0.85 * 280 * (2 * 180 * 180)$$

$$P_p = 8568 \text{ Ton} \leq 58.11 \text{ Ton} \quad \dots \text{Cumple.}$$

Ahora se calcula el espesor necesario para las solicitaciones de carga:

$$t_f = \sqrt{\frac{2P_u n^2}{BN \phi_b f_y}} = \sqrt{\frac{2 * 58.11 * 1.105^2}{180 * 180 * 0.9 * 2.53}} = 19 \text{ mm.}$$

Siendo el espesor del tubo que soportará de 1", y se tendrá 02 planchas de unión, por lo que se opta por colocar planchas metálicas 170x170x2.54cm.

e. Diseño de pernos de anclaje

La fuerza de los pernos de anclaje debe ser mayor o igual que la tensión combinada efectiva (T) en la que se incluye el corte V, como se indica a continuación:

$$At * Fy \geq T$$

Dónde:

$A_t * F_y$: resistencia nominal dediseño

T: traccion combinada efectiva

$$T = C * V_u + T_u$$

C: coeficiente de corte C = 1.85

V_u, T_u : fuerza de corte y traccion ultimos aplicados al perno

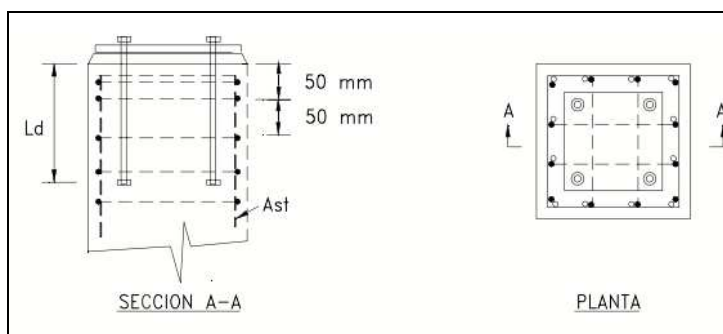


Figura 69. Esquema de distribución de pernos de anclaje.

Nota: Diseño de Estructuras metálicas, Zapata Banglieto.

$$T = 1.85 * 10.58 + 58.11$$

$$T = 77.683 \text{ Ton.} \quad \dots T_p = \frac{60.95}{8} = 9.71 \text{ Ton.}$$

El valor T se debe verificar con la tabla que se muestra, en la cual se ve la resistencia axial de los diferentes diámetros.

Tabla 31

Diseño de pernos de anclaje.

Diámetro del perno D(in)	Área del vástago A_t (cm ²)	$A_t \cdot F_y$ (en toneladas)
1/2	0,95	2,4
5/8	1,484	3,75
3/4	2,137	5,41
7/8	2,909	7,36
1	3,8	9,61
1 1/8	4,809	12,17
1 1/4	5,937	15,02
1 3/8	7,185	18,18
1 1/2	8,55	21,63

1 3/4	11,638	29,44
2	15,201	38,45
2 1/4	19,239	48,67

Nota: Para Pernos A307, $F_y = 2.53 \text{ T/Cm}^2$. Diseño De Estructuras Metálicas. Elaborado Por Zapata Banglieto.

Se opta por usar el material A307, y pernos de 1". La distribución de estas depende de la siguiente tabla:

Tabla 32

Valores para L_d , $f'm$, m_v y m_t .

Tipo de perno (ASTM)	Longitud de Anclaje L_d	Espaciamiento mínimo entre pernos r_m	Mínima distancia de borde por corte m_v	Mínima distancia de borde por tracción m_t
A307	12 d	16 d	12 d	5 d o 4"min.
A325	17 d	24 d	17 d	5 d o 4"min.

Nota: Diseño de estructuras metálicas, Zapata Banglieto.

Por lo que: $L_d = 12 * 1.5 * 2.54 = 54 \text{ cm}$ (se considerará una longitud de 100cm.)

J. Diseño de cimentaciones de las torres

A continuación, se presenta el diseño estructural de la cimentación propuesta para el teleférico, realizado en el programa SAFE v2016.

Otra de las consideraciones es que el presente diseño solo se realizó para la torre más crítica, de esta manera uniformizamos las dimensiones de las zapatas.

a. Dimensionamiento de la cimentación

La cimentación propuesta se encuentra compuesta por Zapatas aisladas de 5.50x5.50m².

La cimentación se verifica en referencia del esfuerzo admisible, considerando un valor de 2.00 kg/cm², valor promedio de acuerdo a los ensayos de mecánica de suelos.

El espesor de las zapatas es de 100cm, por lo que, el peralte efectivo será 90cm.

El valor del coeficiente de balasto se obtiene de la tabla de winkler, como 4.00 kg/cm³.

- b. Distribución de presiones debido a las cargas de servicio
Se presentan la distribución de las presiones debido a las cargas de servicio:
 $CS = CM + CV$. Además, cabe indicar que se muestra la regla de colores con unidad de medida en kg/cm².

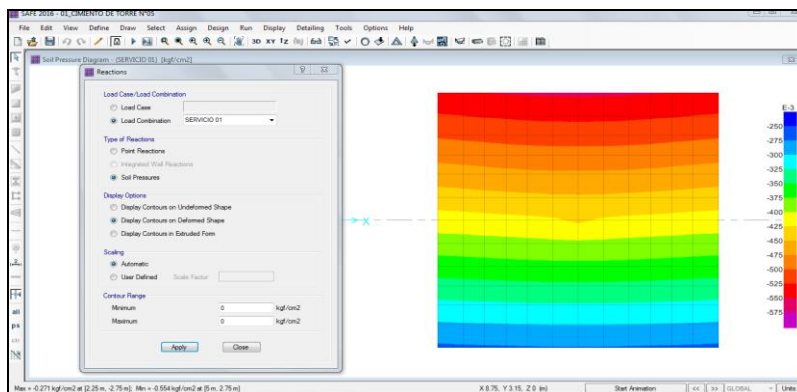


Figura 70. Caso 01. Cargas de Servicio, presiones máximas por cargas de servicio.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

La presión máxima obtenida es 0.554 kg/cm², siendo esta menor a 2.00kg/cm²

- c. Distribución de presiones en el suelo debido a fuerzas sísmicas

En concordancia con la norma NTE.050 de Cimentaciones, se reduce las cargas sísmicas en un 80%, y se incrementa la capacidad portante del suelo en un 30% más.

Sismo En El Sentido X-X:

Caso 02: Cargas De Servicio + 0.80 Carga Sísmica En X-X

Caso 03: Cargas De Servicio - 0.80 Carga Sísmica En X-X

Sismo En El Sentido Y-Y:

Caso 04: Cargas De Servicio + 0.80 Carga Sísmica En Y-Y

Caso 05: Cargas De Servicio - 0.80 Carga Sísmica En Y-Y

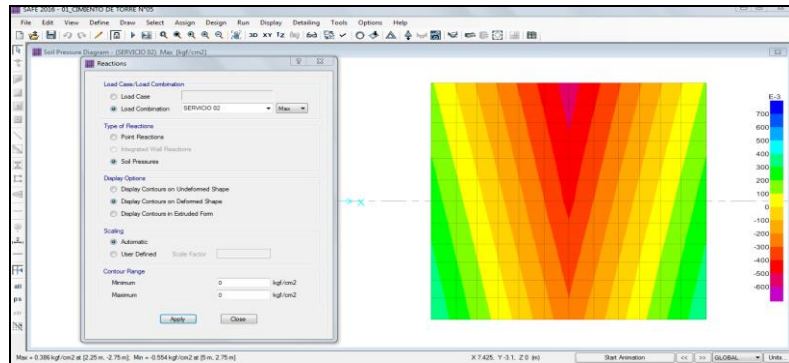


Figura 71. Caso 02. Cargas De Servicio + 0.80csx-X,
Presiones máximas por caso 02.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

Presión Máximo = 0.554 kg/cm² < 2.00 kg/cm²

Cumple.

Presión Mínimo = 0.386 kg/cm² < 2.00 kg/cm²

Cumple.

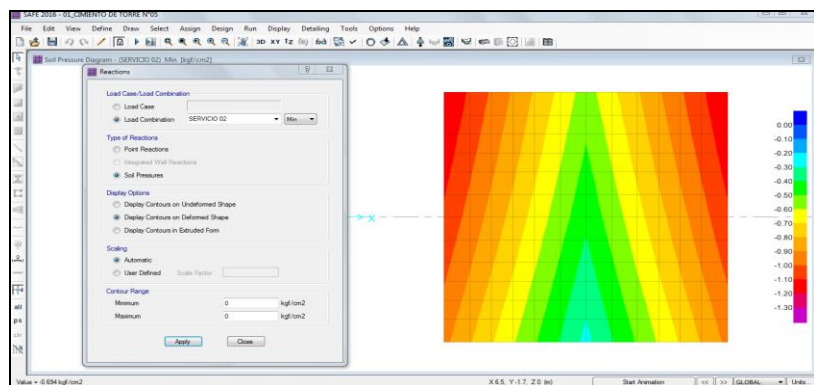


Figura 72. Caso 03. Cargas De Servicio - 0.80csx-X,
Presiones máximas por caso 03.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

Presión Máximo = 1.203 kg/cm² < 2.00 kg/cm²

Cumple.

Presión Mínimo = 0.274 kg/cm² < 2.00 kg/cm²

Cumple.

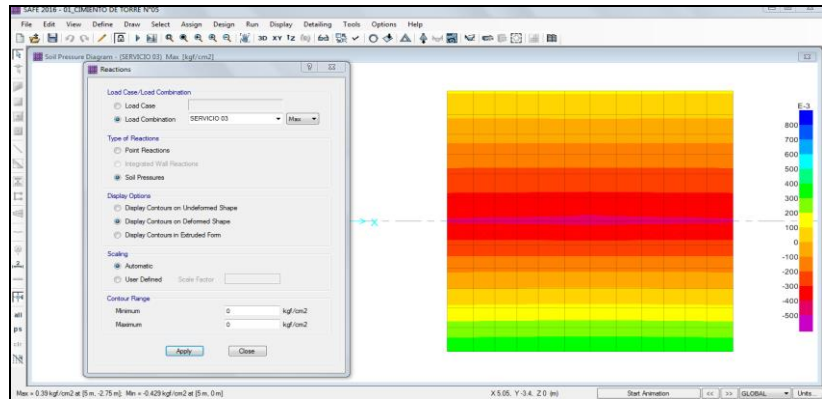


Figura 73. Caso 03. Cargas de Servicio + 0.80CSy-y, Presiones máximas por caso 04.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

Presión Máximo = 0.429 kg/cm² < 2.00 kg/cm²

Cumple.

Presión Mínimo = 0.390 kg/cm² < 2.00 kg/cm²

Cumple.

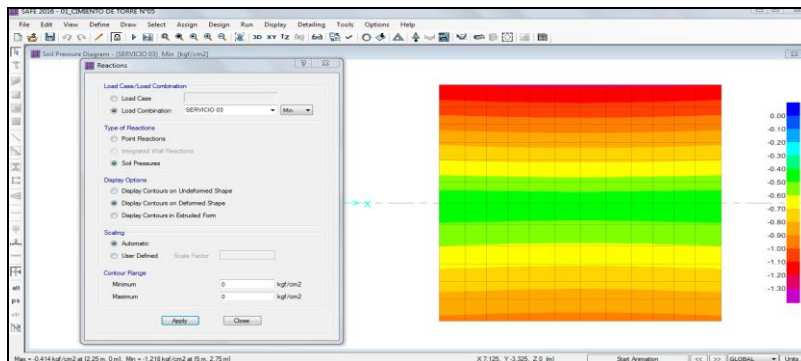


Figura 74. Caso 05. Cargas de Servicio - 0.80CSy-y, Presiones máximas por caso 05.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

Presión Máximo = 1.218 kg/cm² < 2.00 kg/cm²
Cumple.

Presión Mínimo = 0.414 kg/cm² < 2.00 kg/cm²
Cumple.

En todos los casos propuestos por la norma vigente de cimentaciones, cumple la condición, por lo tanto, las dimensiones propuestos para las cimentaciones son correctas.

d. Evaluación de asentamiento de la cimentación

En el siguiente gráfico se presenta las distribuciones de los asentamientos en la cimentación propuesto, además se muestra la regla de colores con unidad de medida en mm.

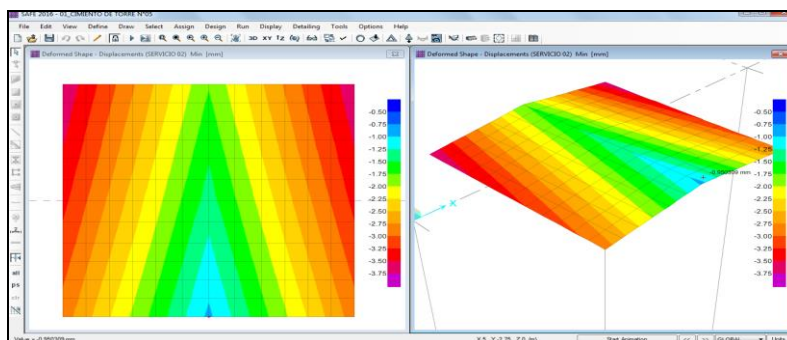


Figura 75. Asentamiento por cargas de servicio.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

Máxima Deformación = -3.703 mm.

Los asentamientos son menores a la máxima permitida de 1", por lo tanto, cumple con la condición.

e. Diseño de la cimentación en concreto armado

Fuerzas cortantes actuantes sobre la cimentación, estas se verifican con la fórmula de fuerza cortante del concreto, considerando la altura de la zapata como 1.20m.

$$V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (\text{Resistencia al corte del concreto})$$

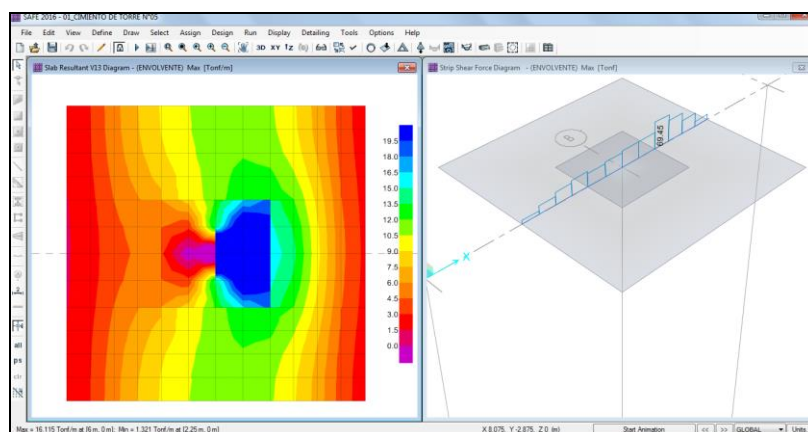


Figura 76. Fuerza cortante en la dirección X-X.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

$$V_{\max} = 69.45 \text{ Ton} < 82.92 \text{ Ton} \dots \text{Cumple.}$$

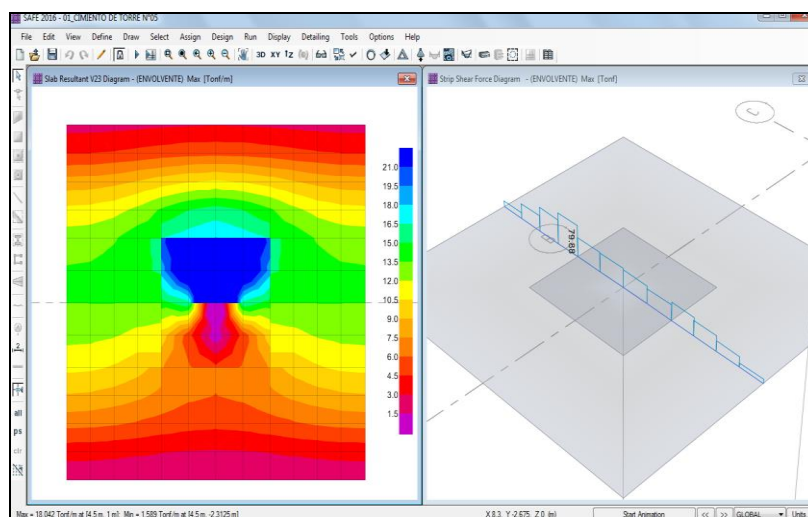


Figura 77. Fuerza cortante en la dirección Y-Y.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

$$V_{\max} = 79.88 \text{ Ton.} < 82.92 \text{ Ton} \dots \text{Cumple}$$

En ambos casos de análisis, se verifica que los esfuerzos actuantes en las cimentaciones no superan el límite permisible.

f. Diseño a flexión de zapatas

El diseño de las zapatas se realiza de acuerdo al procedimiento establecido en la norma E.060 de concreto armado.

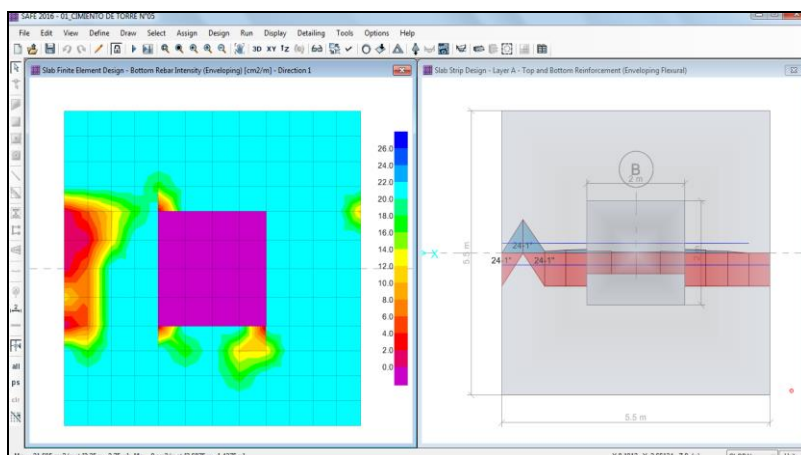


Figura 78. Distribución de acero de refuerzo en la dirección X-X.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

En la dirección X-X se distribuirá acero de refuerzo de 1" a cada 20cm, en la parte inferior y superior de la zapata, de esta manera existiendo un reforzamiento en doble malla.

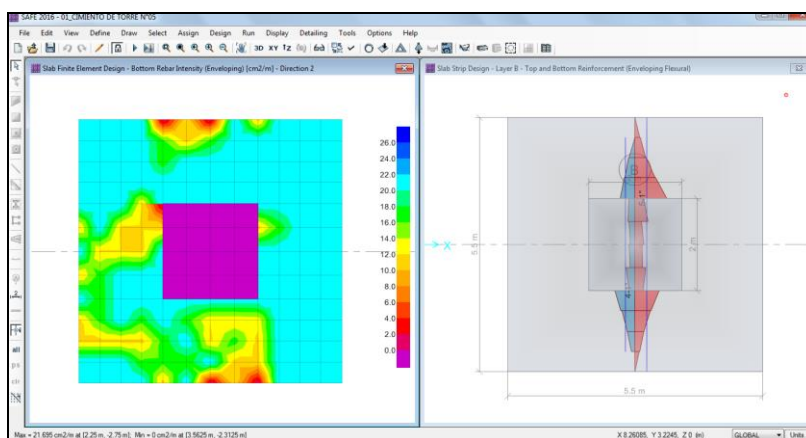


Figura 79. Distribución de acero de refuerzo en la dirección Y-Y.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

En el sentido Y-Y, solo es necesario la distribución de acero 1" a cada 20cm en la parte inferior del cimiento, en la parte superior se usará varillas de ¾" a cada 30cm.

K. Evaluación de estabilidad estructural

Para evaluar el volteo de la torre de soporte, se realizó el análisis de diagramas de cuerpo libre tal como lo muestra la siguiente imagen.

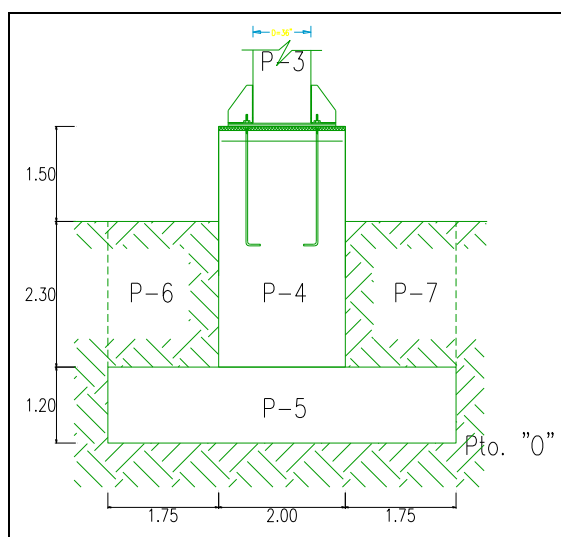


Figura 80. Esquema de subdivisión de pesos.

Nota: Elaborado por el autor.

La metodología de evaluación es la siguiente:

$$\frac{\sum MC_o}{\sum MD_o} \leq 1.50$$

Donde, MC es momento resistente sin cargas externas actuantes o de capacidad, y MD es momento de demanda o de cargas exteriores actuantes, respecto al punto "O".

Momentos "MC":

Tabla 33

Momentos Resistentes al volteo MC.

Momentos De Resistencia				
Item	Elemento	Peso	Brazo	Momentos
1	P-1, P-2 Y P-3	22,58 Ton	2,75 M	62,10 Ton-M
2	P-4	36,48 Ton	2,75 M	100,32 Ton-M

3	P-5	87,12 Ton	2,75 M	239,58 Ton-M
4	P-6	35,42 Ton	4,63 M	163,99 Ton-M
5	P-7	35,42 Ton	0,88 M	31,17 Ton-M
				597,16 Ton-M

Nota: Elaborado por el autor.

Momentos "MD":

Tabla 34

Momentos actuantes al volteo MD.

Momentos De Resistencia				
Item	Elemento	Peso	Brazo	Momentos
1	W1	1,16 Ton	2,75 M	3,19 Ton-M
2	W2	0,54 Ton	2,75 M	1,49 Ton-M
3	W3	0,25 Ton	2,75 M	0,69 Ton-M
4	Sismic X-X	-	-	79,89 Ton-M
5	Cabina	1,20 Ton	7,75 M	9,30 Ton-M
6	Carga Viva	1,33 Ton	7,75 M	10,31 Ton-M
				104,87 Ton-M

Nota: Elaborado por el autor.

$$\frac{\sum MC_o}{\sum MD_o} = \frac{597.16 \text{ ton} - m}{104.87 \text{ ton} - m} = 5.69 \leq 1.50 \dots \dots \text{CUMPLE}$$

Se verifica que la estructura no presenta volteo, por lo que la profundidad de la cimentación propuesta es correcta.

4.2.7. Diseño Estructural De Las Estaciones Del Sistema De Transporte

Para el diseño de las estaciones se consideraron las siguientes cargas.

- Sobre carga (S/C) mantenimiento : 30 kg/m²
- Velocidad de Viento Mínimo : 75 km/h
- Sobrecarga por Nieve : 40 kg/m² (e=40cm)
- Peso propio de TR-4-XG (cobertura) : 4.74kg/m². (e=0.6mm)

A. Estructuración de las estaciones

La estructura tiene las siguientes características:

- La estructura tiene como categoría A2, debido a que será un medio de transporte único de los distritos conectados en caso de inundaciones y/o desastres naturales.
- Las distribuciones arquitectónicas de las estaciones para pasajeros son de uso exclusivo para abordaje, en la cual se tiene ambientes de cuartos de operaciones y servicios higiénicos, las cuales están aislados de la estructura de soporte principal de cobertura. Además, se consideró material mixto, elementos verticales de soporte de concreto armado C-40x60 unidos mediante vigas VP-30x40 que soportan las cargas de las cerchas metálicas que dan forma a la cobertura, con una inclinación dos aguas con ángulo 14.20° (inclinación para la reducción de cargas de viento).
- El sistema estructural optado es Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) con $R=8$, de la Tabla N°07 de E.030-2016. Y en el caso de las estaciones de concreto se tomará el sistema A porticado $R=8$ para elementos de concreto.
- La distribución de los elementos de la Torre de soporte se debe a los modelos típicos de teleféricos instalados en nuestro continente.
- Los cimientos se diseñarán como Zapatas aisladas, realizándose las verificaciones correspondientes en cumplimiento de la normativa E.050.

El Modelo Matemático del edificio confeccionado en el software de Análisis Sísmico SAP2000 V20 se muestra a continuación:

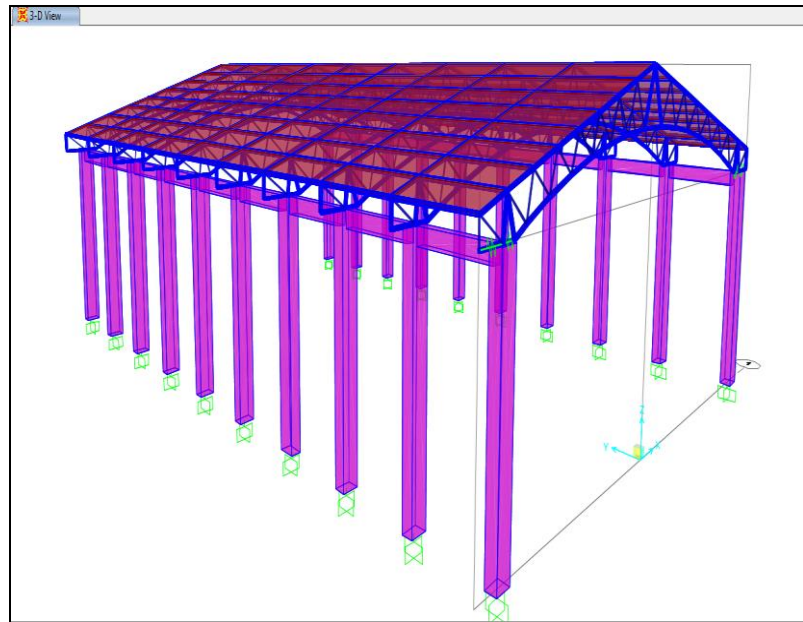


Figura 81. Vista en 3D de la Estación típica.

Nota: Elaborado por el autor.

Vista de sección de cercha y distribución de sus elementos de soporte.

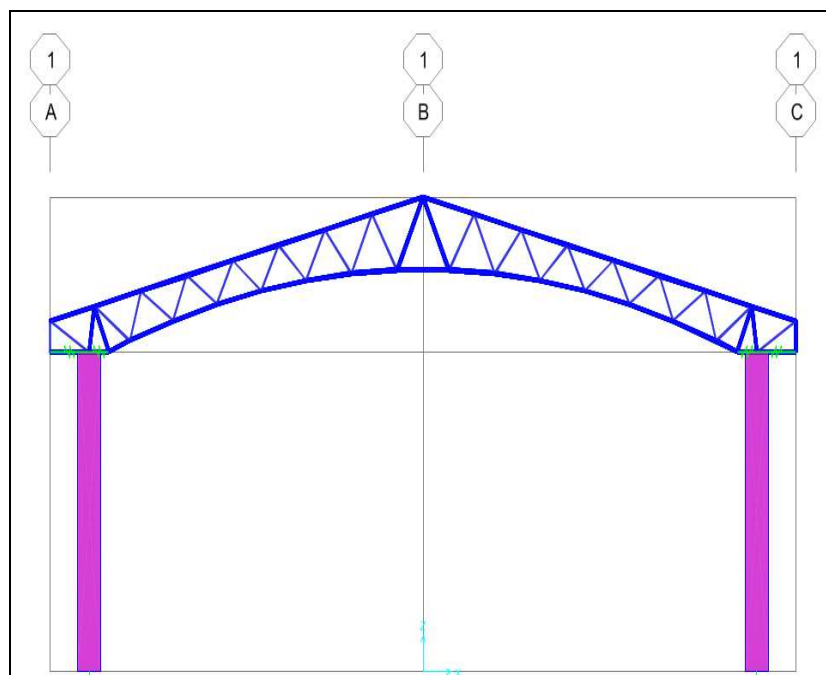


Figura 82. Distribución del Tijeral principal.

Nota: Elaborado por el autor.

B. Cargas de viento actuantes

De acuerdo a la norma NTE E.020 de cargas, artículo 12 de cargas debido a vientos, se analiza las cargas de viento con velocidad mínima de 75 Km/h, debido a que las cargas de viento en la zona a 10m de altura son aproximadamente 25 Km/h.

$$V_h = V(h/10)^{0.22}$$

Donde:

V_h : es la velocidad de diseño en la altura h en Km/h
 V : es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h
 h : es la altura sobre el terreno en metros

$$V_h = 75 \left(\frac{9.20}{10} \right)^{0.22} = 73.64 \text{ Km/h}$$

La carga exterior de viento se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_h = 0.005 C V_h^2$$

Donde:

P_h : presión o succión del viento a una altura h en Kg/m²
 C : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 4
 V_h : velocidad de diseño a la altura h, en Km/h, definida en el Artículo 12 (12.3)

El factor "C" se obtiene de la Tabla 5.4 de la E.020, de la cual, la forma de la estructura es la de superficie inclinada a menos de 15°, por lo que se considerará como presión de viento 0.30 (Barlovento) y succión 0.60 (sotavento).

$$P_{h\text{-presión}} = 0.005 \times 0.30 \times (73.64)^2 = 8.13 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{h\text{-succión}} = 0.005 \times 0.60 \times (73.64)^2 = 16.26 \text{ kg/m}^2$$

C. Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos considerados de acuerdo a las características del terreno de fundación, ubicación y propios de la estructura son provistos de la norma NTE E.030-2016 de diseño Sismoresistente del Reglamento Nacional de edificaciones vigentes y consideramos irregularidad en elevación por peso y masa.

Tabla 35

Parámetros sísmicos de las Estaciones.

Item	Descripción	Valor
1	Factor De Zona "Z"	0,35
2	Factor De Suelo "S"	1,2
3.1	Periodo Tp	1
3.2	Periodo Tl	0,6
4	Factor De Uso "U"	1,5
	Factor De Sistema Estructural	
5	"R"	8
5.1	Irregularidad En Altura En X-X	1
5.2	Irregularidad En Altura En Y-Y	1

Nota: Elaborado por el autor.

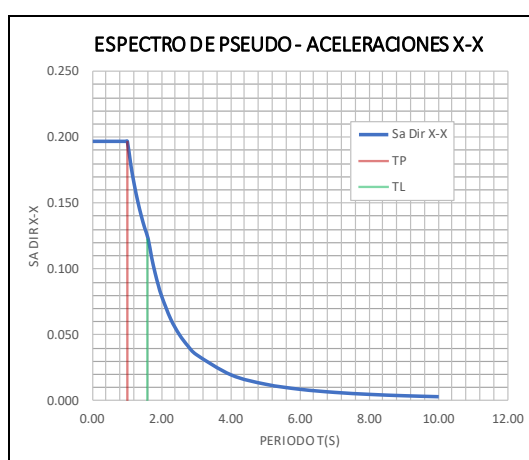


Figura 83. Espectro de Respuesta sísmica de las estaciones.

Nota: Elaborado por el autor.

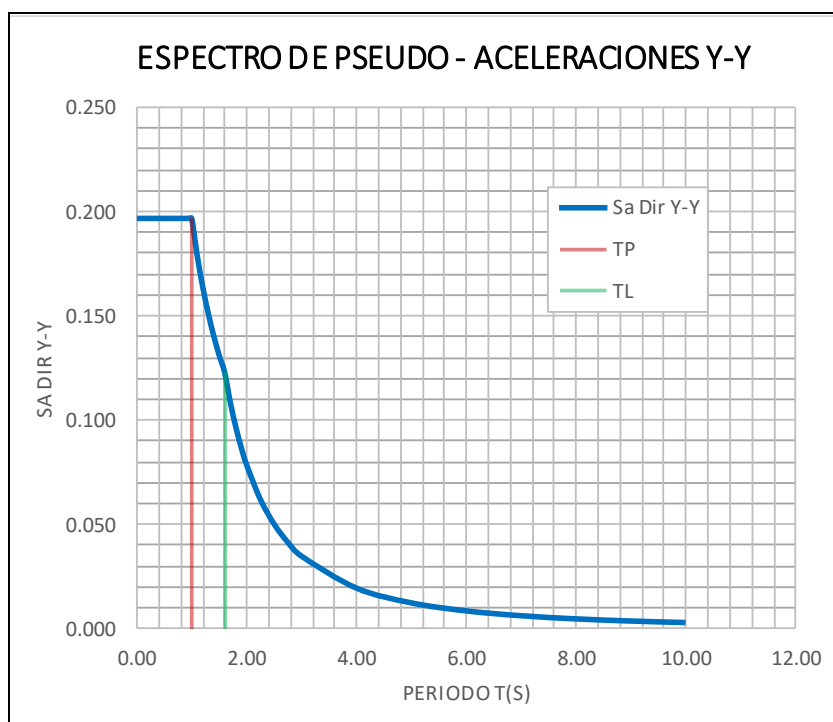


Figura 84. Espectro de Respuesta sísmica de las estaciones.

Nota: Elaborado por el autor.

D. Análisis sísmico estático

Peso Sísmico de la Estructura, considerando el 100% de la Carga Muerta, 25% de Carga Viva de mantenimiento, considerando el peso de la nieve.

Factor de Corte:

$$C_{cx} - x = \frac{ZUCS}{R} = 0.1969 \qquad C_{cy} - y = \frac{ZUCS}{R} = 0.1969$$

Tabla 36

Peso de la estructura.

Table: Auto Seismic - User Coefficient PESO							
LoadPat	Dir	PercentEcc	UserZ	C	K	WeightUsed	BaseShear
Text	Text	Unitless	Yes/No	Unitless	Unitless	Tonf	Tonf
Estatic X-X	X	0	No	0,1969	1	147,9873	29,1387
Estatic Y-Y	Y	0	No	0,1969	1	147,9873	29,1387

Nota: Elaborado por el autor.

E. Análisis modal de la estructura

Masas de la estructura: Según los lineamientos de la Norma de Diseño Sismo Resistente NTE E.030, y considerando las cargas mostradas anteriormente, se realizó el análisis modal de la estructura total. Para efectos de este análisis el peso de la estructura se consideró el 100% de la carga muerta, el 50% de la carga, considerando que la estructura es de la categoría A2.

Tabla de periodos de la Estructura: El programa SAP2000 v20 calcula las frecuencias naturales y los modos de vibración de las estructuras. En el análisis tridimensional se ha empleado la superposición de los primeros modos de vibración por ser los más representativos de la estructura.

Tabla 37

Periodos de los modos de vibración de la estructura.

Table: Modal Periods And Frequencies

OutputCase	StepType	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
Modal	Mode	0,3542	2,82355	17,74091	314,73979
Modal	Mode	0,3322	3,01067	18,91658	357,83682
Modal	Mode	2755	3,62949	22,80473	520,05591
Modal	Mode	0,2484	4,02593	25,29564	639,86917
Modal	Mode	0,1983	5,04359	31,68984	1004,24574
Modal	Mode	0,1231	8,12242	51,03469	2604,53949

Nota: Elaborado por el autor.

Resumen de Periodos predominantes:

Tabla 38

Participación de masas en el análisis modal.

Table: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Modal	Mode 1	0,354164	0,00%	77,60%	1,32E-06	8,18E-06	7,76E-01	1,32E-06
Modal	Mode 2	0,332152	99,30%	0,00%	1,34E-04	0,993	0,776	1,35E-04
Modal	Mode 3	0,275521	0,03%	6,80%	0,000596	0,993	0,843	0,000731
Modal	Mode 4	0,24839	0,33%	0,44%	0,046	0,997	0,848	0,046
Modal	Mode 5	0,198271	0,00%	12,10%	0,000446	0,997	0,969	0,047
Modal	Mode 6	0,123116	0,27%	0,02%	0,001372	0,999	0,969	0,048

Nota: Elaborado por el autor.

Los modos de vibración predominantes son el **Mode 2** en el sentido **X-X**, y el **Mode 1** en el sentido **Y-Y**. siendo la estructura bastante flexible.

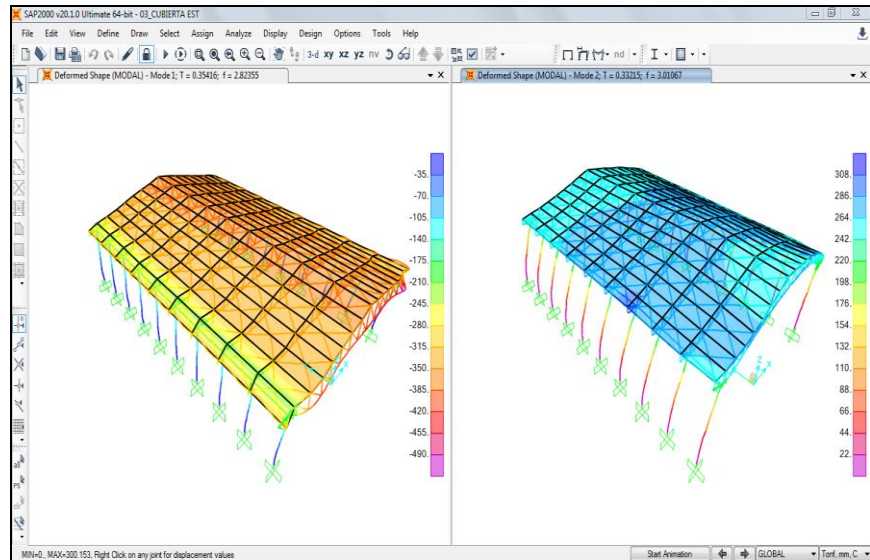


Figura 85. Desplazamiento de los primeros modos de vibración.

Nota: Elaborado por el autor.

F. Análisis sísmico dinámico

Fuerzas Cortantes de Carga Sísmica Dinámica de entrepiso.

Tabla 39

Periodos de los modos de vibración de la estructura.

Table: Base Reactions relacion Vb vs Vd

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
Dinamic X-X	Lin RespSpec	28,9616	0,1109	0,4788	4,94064	186,99254
Dinamic Y-Y	Lin RespSpec	0,1474	25,5093	0,3909	171,41068	1,5546

Nota: Elaborado por el autor.

Evaluación de resultados del análisis sísmico

a. Evaluación de Distorsiones y desplazamientos

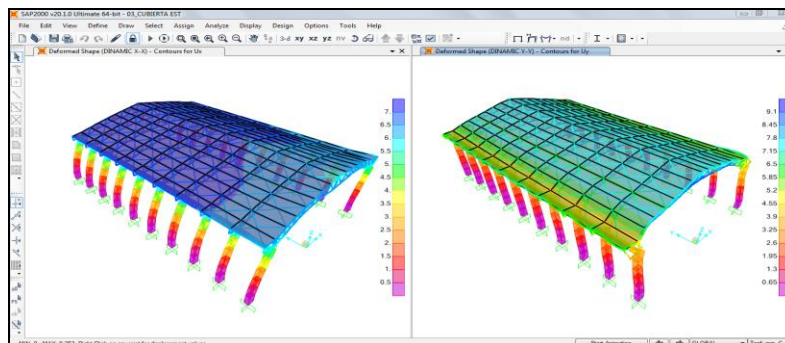


Figura 86. Modos de vibración de la estructura de estaciones.

Nota: Elaborado por el autor.

Tabla 40

Evaluación de derivas de entrepiso

Table: Desplazamientos y Derivas							
OutputCase	OutputCase	Direc	Desplaz.	altura	Drift	Deriva	Obs.
Text	Text	Sentido	mm	m	SAP 2000	NTE.030	<0,007 y 0,010
Pórtico de C°A°	Dinamic X-X	X	5,04	6,2	0,000813	0,0049	Cumple
	Dinamic Y-Y	Y	5,02	6,2	0,00081	0,0049	Cumple
Cerchas	Dinamic X-X	X	6,06	9,2	0,00034	0,002	Cumple
	Dinamic Y-Y	Y	6,17	9,2	0,000383	0,0023	Cumple

Nota: Elaborado por el autor.

En las tablas anteriores se observa que los desplazamientos están dentro del margen establecido en la norma NTE.030 de Diseño Sismo resistencia.

b. Evaluación de la cortante basal

Cortante mínima en la Base (NTE-030 18.2), El cortante mínimo en la debe ser como mínimo el 90% del cortante total en la base del análisis estático.

Tabla 41

Cortante basal estático vs dinámico.

Table: Base Reactions relacion Vb vs Vd								
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	% Alcanza	F.Esc.
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	>90%	
Dinamic X-X	LinRespSpec	28,9616	0,1109	0,4788	4,94064	186,99254	99,39%	1,00
Estatic X-X	LinStatic	-29,1387	-4,70E-15	-3,52E-12	-4,11E-11	-1,92E+02	100,00%	1,00

Table: Base Reactions relacion Vb vs Vd								
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	% Alcanza	F.Esc.
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	>90%	
Dinamic Y-Y	LinRespSpec	0,1474	25,5093	0,3909	171,41068	1,5546	87,54%	1,03
Estatic Y-Y	LinStatic	2,77E-14	-29,1387	-2,22E-14	192,00534	1,24E-13	100,00%	1,00

Nota: Elaborado por el autor.

G. Diseño de elementos de acero y concreto armado

Con los esfuerzos obtenidos de los análisis sísmicos de la estructura, se procede a diseñar los elementos estructurales en base a la norma AISC 360-05/IBC-2006 en concordancia de la NTE E.090 de Estructuras Metálicas. Y el Diseño de la cimentación en concordancia de la NTE E.060 Concreto Armado y la NTE E.050 de Suelos y Cimentaciones del RNE vigentes.

a. combinaciones de cargas

Las combinaciones de cargas usadas para la verificación de los elementos de concreto de la estructura son las siguientes:

Para elementos de concreto armado:

COMB1: $1.40D + 1.70L$

COMB2: $1.25D + 1.25L \pm EQ_x$

COMB3: $1.25D + 1.25L \pm EQ_y$

COMB4: $0.90D \pm EQ_x$

COMB5: $0.90D \pm EQ_y$

Donde:

D: Carga permanente.

L: Carga Viva.

EQ: sismo.

Para el diseño de los elementos metálicos, se procede a usar las combinaciones de cargas estipulados en la NTE E.090.

Para elementos de Estructura Metálica:

$1,4D$

$1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$

$1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W)$

$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$

$1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$

$0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$

Dónde: D: Carga Muerta, L: Carga Viva, S: Carga de Nieve, R: Carga por Lluvia, W: Carga por Viento y E: Carga Sísmica.

b. Diseño de columnas de soporte

Perfiles de acero

La sección propuesta debe ser sísmicamente robusta, cumpliendo con lo estipulado en el AISC 360-10/IBC-2006 en concordancia con la norma E.090 del RNE vigente, Para calcular el Resistencia Nominal de carga axial y momento en

la sección propuesta, usamos las siguientes ecuaciones obtenidos de la norma NTE E.090.

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$P_n = A_g \times F_{cr} \quad M_n = f_y \times Z$$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) f_y \quad \text{se usa cuando } \lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} < 1.5$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_g}} \quad (\text{Radio de Giro})$$

Donde:

R_u : Resistencia ultima de demanda.

R_n : Resistencia nominal de la sección.

K : Factor de esbeltez $K=0.70$ para elementos empotrados.

I : Momento de Inercia de sección.

A_g : Área geométrica de la sección neta.

Z : Momento plástico de la sección.

r : Radio de giro de la sección.

Los coeficientes de reducción aplicado a la resistencia nominal, según la norma NTE E.090, se considera 0.85 para elementos a flexo compresión y 0.90 para elementos diseñados a flexión.

Para calcular el Ratio de capacidad del elemento diseñado se usó la siguiente relación:

$$\frac{D}{C} = \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) < 1.00$$

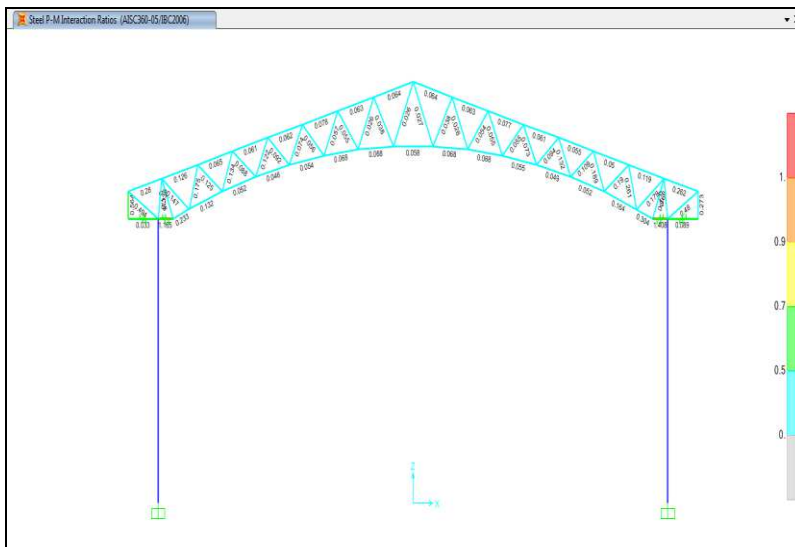


Figura 87. Diseño estructural de los elementos de acero – celosías.

Nota: Elaborado por el autor.

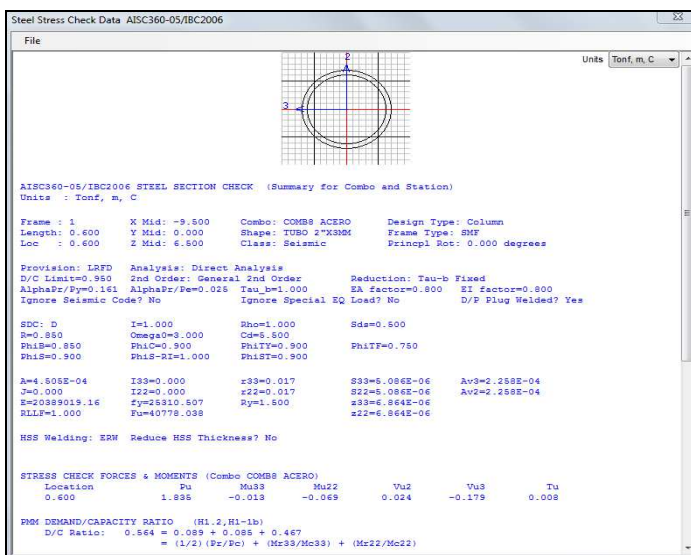


Figura 88. Diseño estructural de los elementos de acero – celosías.

Nota: Elaborado por el autor.

La ratio D/C en todos los elementos estructurales son menores a la unidad, por lo tanto, cumplen con el diseño.

c. Diseño a flexión de columnas de concreto

Los diagramas de los esfuerzos de momento, cortante y axial se obtienen del modelo elaborado en el software SAP2000, de la cual se tiene lo siguiente:

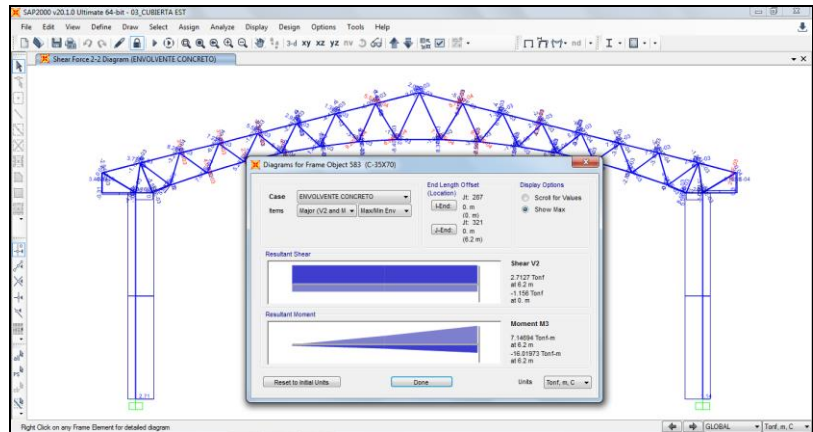


Figura 89. Diseño de las columnas de concreto.

Nota: Elaborado por el autor.

Según los cálculos del programa, el acero necesario para la columna de C-35x70, es del 1%, por lo cual se plantea usar 4 varillas de 3/4" y 8 varillas de 5/8".

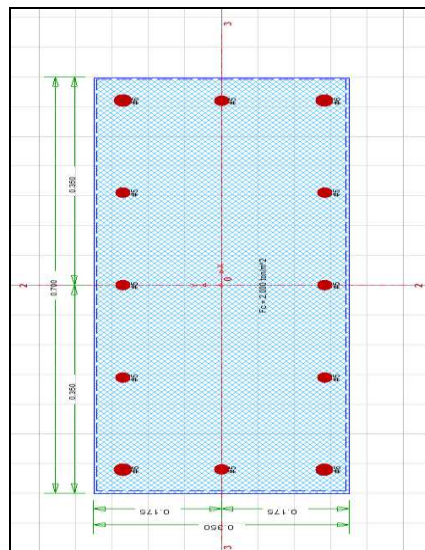


Figura 90. Diseño a flexo compresión de columnas de C°A°.

Nota: Elaborado por el autor.

Sr. No	Load Comb	Load-Pu (ton)	Mux-Bot (ton-m)	Muy-Bot (ton-m)	Mux-Top (ton-m)	Muy-Top (ton-m)
1	Combination1	9.14	0.01	8.78	0.00	0.00
2	Combination2	8.00	0.05	16.02	0.00	0.00
3	Combination3	8.06	3.02	8.17	0.00	0.00
4	Combination4	5.01	0.04	11.03	0.00	0.00
5	Combination5	5.06	3.02	3.18	0.00	0.00
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Figura 91. Diseño a flexo compresión de columnas de C°A°.

Nota: Elaborado por el autor.

Y los esfuerzos resultantes de las combinaciones de cargas según la NTE E.060-2009, son las que se muestran en la tabla anterior.

Sr. No	Load Comb	Load-Pu (ton)	Mux (ton-m)	Muy (ton-m)	Mx-My Angle (Deg)	Load Vector	Capacity Vector	Capacity Ratio	N/A Angle (deg)	N/A Depth (m)	Capacity Method	Remarks
1	Combination1	9.14	0.01	8.78	8.78	89.9	N/A	0.27	272.1	0.11	4	OK
2	Combination2	8.00	0.05	16.02	16.02	89.9	N/A	0.50	272.1	0.11	4	OK
3	Combination3	8.06	3.02	8.17	8.71	63.7	N/A	0.45	322.6	0.20	4	OK
4	Combination4	5.01	0.04	11.03	11.03	89.8	N/A	0.35	272.0	0.11	4	OK
5	Combination5	5.06	3.02	3.18	4.39	46.5	N/A	0.30	346.6	0.13	4	OK

Figura 92. Ratios de demanda vs capacidad de columnas de C°A°.

Nota: Elaborado por el autor.

Se observa que las 05 combinaciones de carga generan un Ratio D/C menores a 1.00.

Diagrama De Interacción De La Columna:

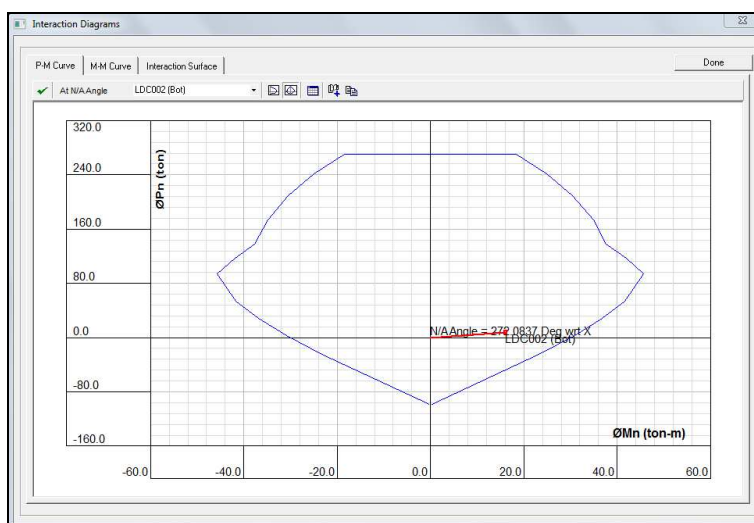


Figura 93. Diagrama de interacción de columnas de C°A°.

Nota: Elaborado por el autor.

Se observa que la combinación con mayor esfuerzo (comb 02) se ubica dentro del diagrama de interacción de la propuesta de distribución de acero.

Estimación de esfuerzos internos generados por las combinaciones:

COMB 05: 0.90CM+SY

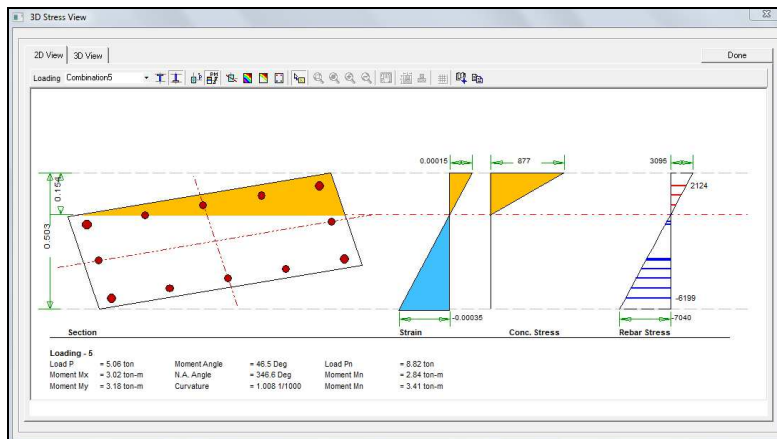


Figura 94. Esfuerzos internos de combinaciones de carga.

Nota: Elaborado por el autor en CSI COL.

Los esfuerzos y deformaciones generados por las combinaciones de cargas están dentro de los parámetros establecidos en la NTE E.060.

d. Diseño de vigas de C°A°

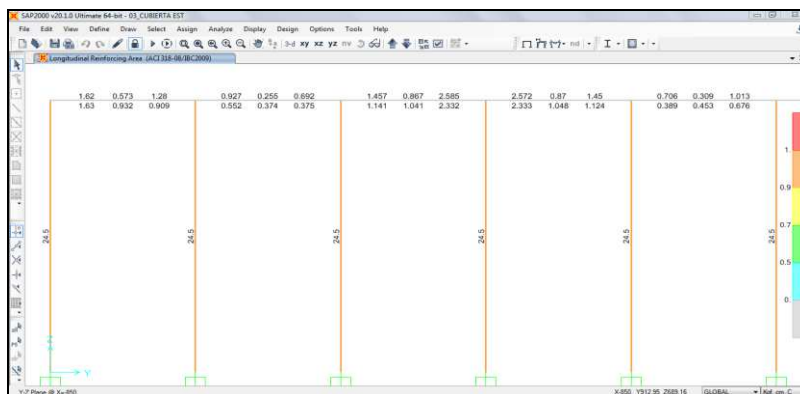


Figura 95. Distribución de refuerzo longitudinal en vigas.

Nota: Elaborado por el autor en SAP2000.

El acero mínimo de la viga es de 5.35cm² (cuantía min 0.0033), superior a los valores mostrados en el diagrama anterior, por lo que se colocará acero longitudinal corrido de 3 varillas de 5/8” tanto para el acero positivo como el negativo.

e. Diseño por cortante de vigas

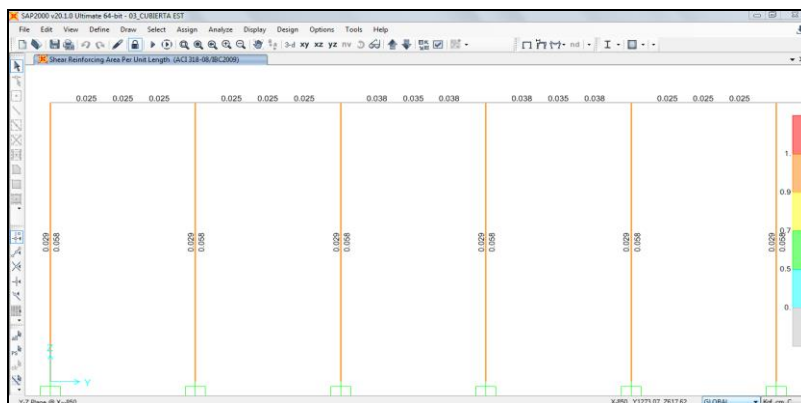


Figura 96. Distribución de refuerzo transversal en vigas.

Nota: Elaborado por el autor en SAP2000.

El máximo valor encontrado es de $0.038 \text{ cm}^2/\text{cm}$, por lo que, si espaciamos a 10 cm , se necesitarán 0.38 cm^2 de acero, por lo que se requiere varillas de $3/8"$. La distribución será la siguiente:

$2@0.05 \text{ m}$, $11@0.10 \text{ m}$, $R@0.20 \text{ m}$.

H. Diseño de cimentaciones de la Estación

A continuación, se presenta el diseño estructural de la cimentación propuesta para la estructura, realizado en el programa SAFE v2016.

a. Distribución de la cimentación en planta

Se propuso cimentaciones con zapatas aisladas, de $1.50 \text{ m} \times 2.00 \text{ m}$. con un peralte típico de 50 cm , con una profundidad de desplante de zapatas a 2.00 m del NPT; se consideró una capacidad portante de $2.00 \text{ kg}/\text{cm}^2$, con el cual se estima el coeficiente de balasto en $4.00 \text{ kg}/\text{cm}^3$.

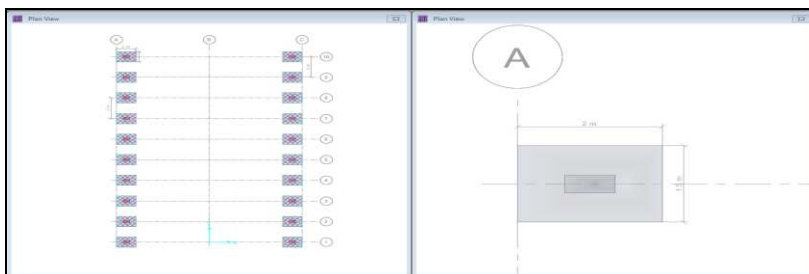


Figura 97. Distribución de refuerzo transversal en vigas.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

b. Distribución de presiones debido a las cargas de servicio

Para la evaluación de las presiones actuantes en los cimientos se realizaron de acuerdo a los lineamientos de la norma E.050 y E.060.

$CS = CM + CV$. Además, cabe indicar que se muestra la regla de colores con unidad de medida en kg/cm^2 .

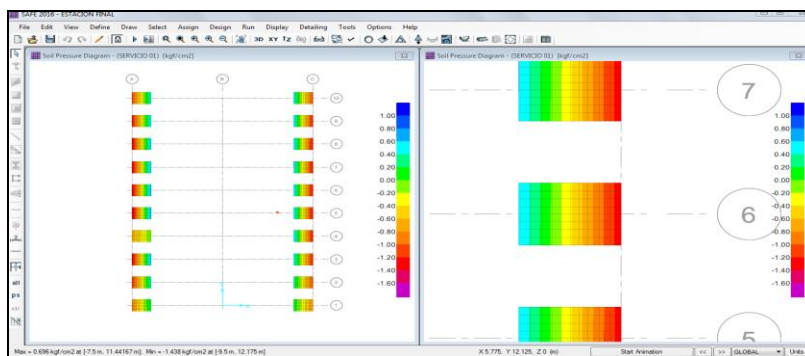


Figura 98. CASO 01. Cargas de Servicio, presiones de carga en zapatas caso 01.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

La presión máxima obtenida de esta combinación de cargas alcanzó el valor de $1.438 \text{ kg}/\text{cm}^2$ siendo esta menor a $2.00 \text{ kg}/\text{cm}^2$, por lo tanto, satisface la condición.

c. Distribución de presiones en el suelo debido a fuerzas sísmicas

En concordancia con la norma NTE.050 de Cimentaciones, se reduce las cargas sísmicas en un 80%, y se incrementa la capacidad portante del suelo en un 30% más.

Para lo cual se verifica las presiones para ambos sentidos de análisis:

Sismo En El Sentido X-X:

- CASO 02: Cargas de Servicio + 0.80 Carga Sísmica en X-X
- CASO 03: Cargas de Servicio - 0.80 Carga Sísmica en X-X

Sismo En El Sentido Y-Y:

- CASO 04: Cargas de Servicio + 0.80 Carga Sísmica en Y-Y
- CASO 05: Cargas de Servicio - 0.80 Carga Sísmica en Y-Y

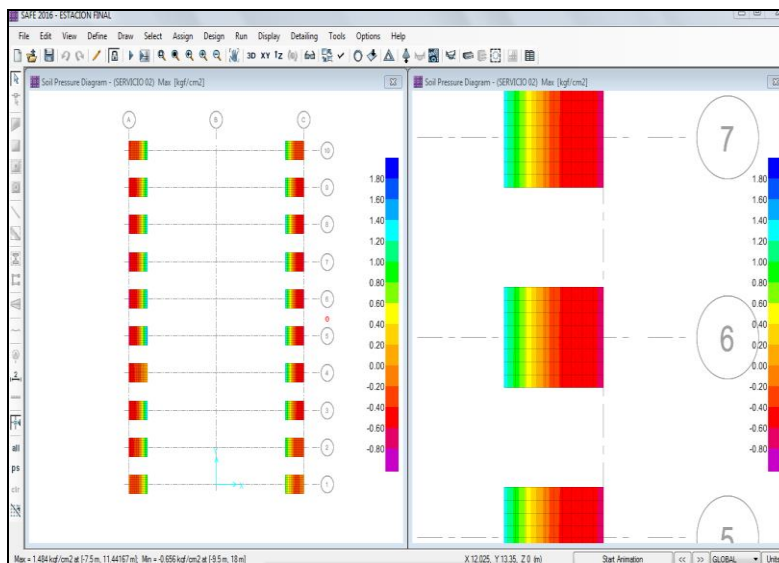


Figura 99. Caso 02. Cargas de Servicio + 0.80CSx-x, presiones de carga en zapatas caso 02.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

La presión máxima obtenida de esta combinación de cargas alcanzó el valor de 1.484 kg/cm² siendo esta menor a 2.00 kg/cm² (sin incremento del 30% por acción de cargas sísmicas), por lo tanto, satisface la condición.

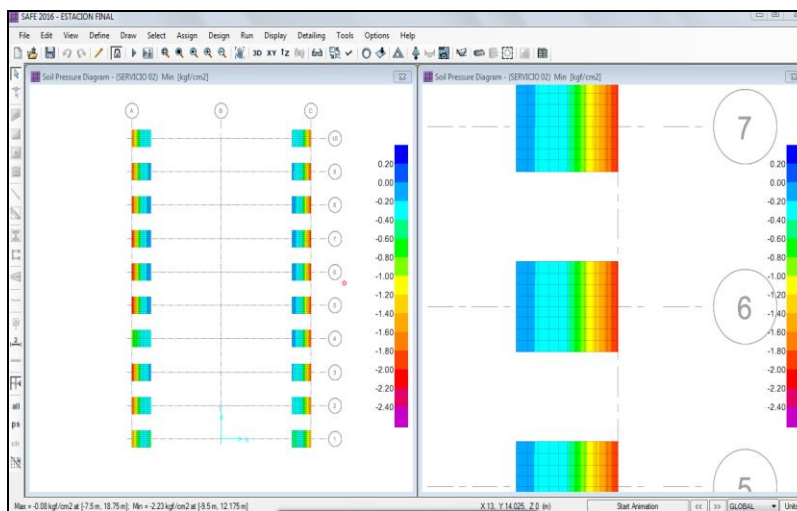


Figura 100. Caso 03. Cargas de Servicio - 0.80CSx-x. Presiones de carga en zapatas caso 03.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

La presión máxima obtenida de esta combinación de cargas alcanzó el valor de 2.230 kg/cm² siendo esta menor a 2.60 kg/cm² (con el incremento del 30% por acción de cargas sísmicas), por lo tanto, satisface la condición.

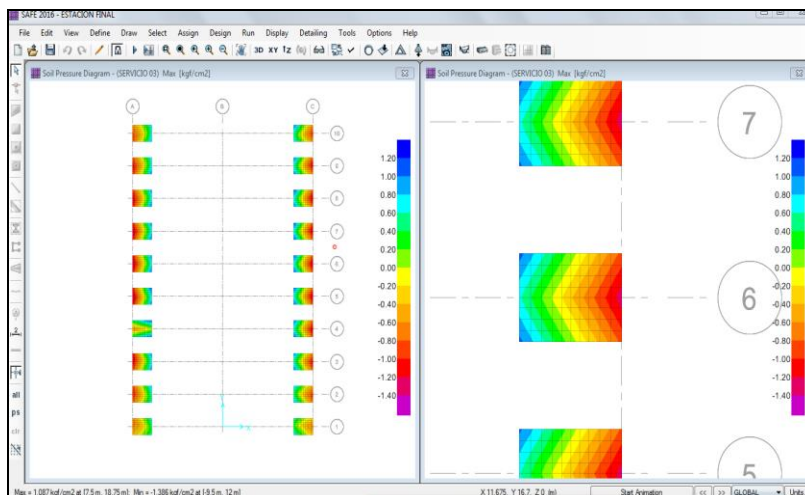


Figura 101. Caso 04. Cargas de Servicio + 0.80CSy-y.
Presiones de carga en zapatas caso 04.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

La presión máxima obtenida de esta combinación de cargas alcanzó el valor de 1.386 kg/cm² siendo esta menor a 2.60 kg/cm² (con el incremento del 30% por acción de cargas sísmicas), por lo tanto, satisface la condición.

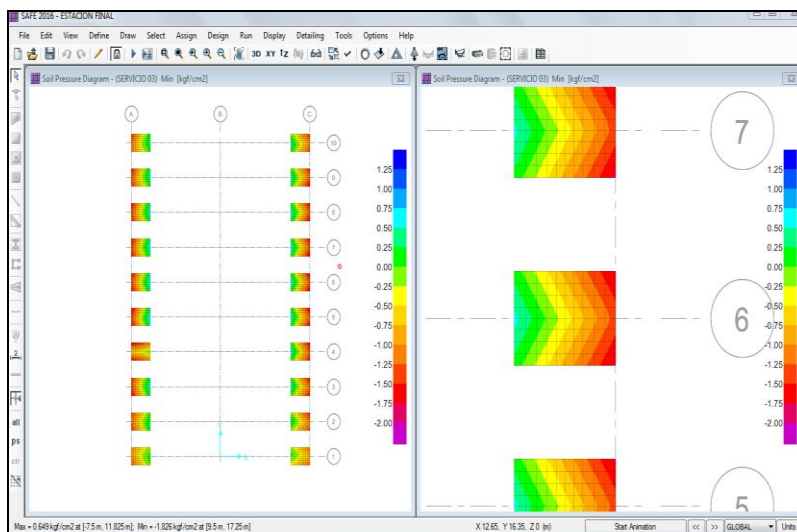


Figura 102. Caso 05. Cargas de Servicio - 0.80CSy-y.
Presiones de carga en zapatas caso 05.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

La presión máxima obtenida de esta combinación de cargas alcanzó el valor de 1.826 kg/cm² siendo esta menor a 2.60

kg/cm² (con el incremento del 30% por acción de cargas sísmicas), por lo tanto, satisface la condición.

d. Diseño de la cimentación en concreto armado

Fuerzas cortantes actuantes sobre la cimentación:

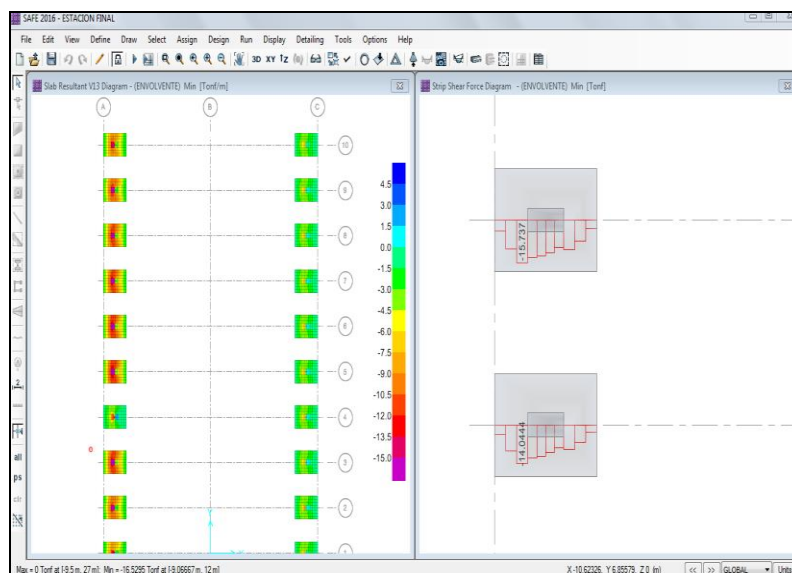


Figura 103. Se presentan las fuerzas de corte en la dirección X-X.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

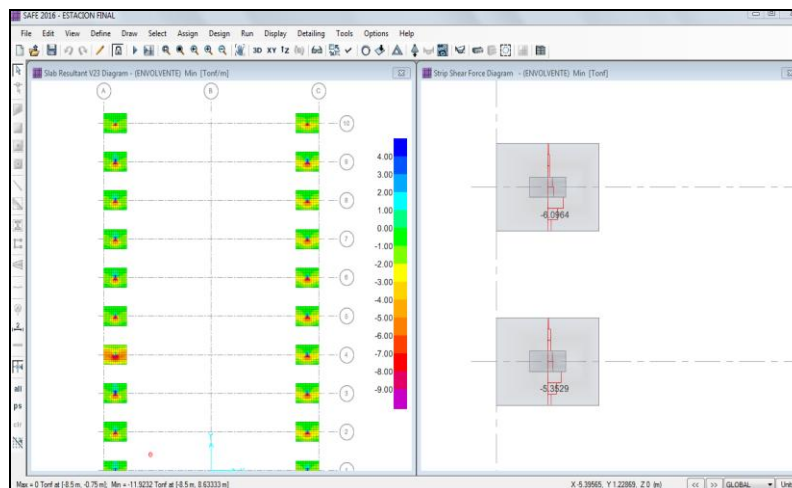


Figura 104. Se presentan las fuerzas de corte en la dirección Y-Y.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

En la figura anterior se observa que las presiones en el sentido X-X alcanza el valor de 16.52 t y en el sentido Y-Y

alcanza el valor de 11.92 t, por lo tanto, estos valores no superan la resistencia al corte del concreto, cumpliendo esta condición.

e. Diseño a flexión de zapatas

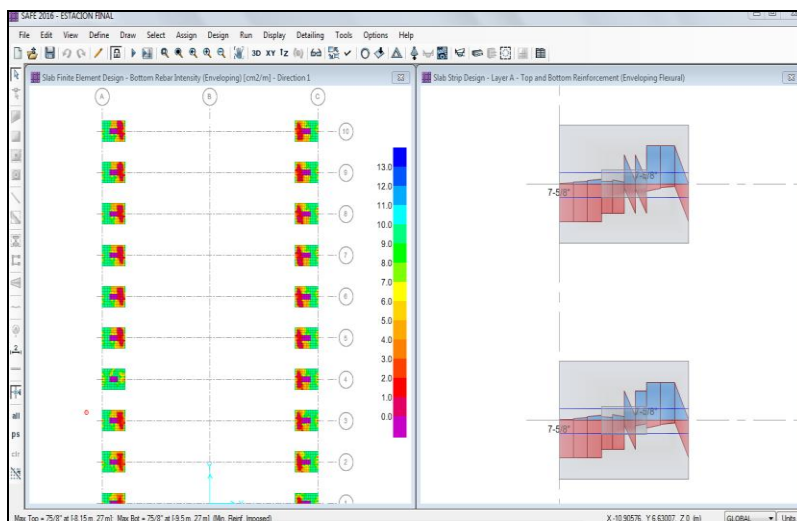


Figura 105. Acero de refuerzo longitudinal en zapatas en los sentidos X e Y.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

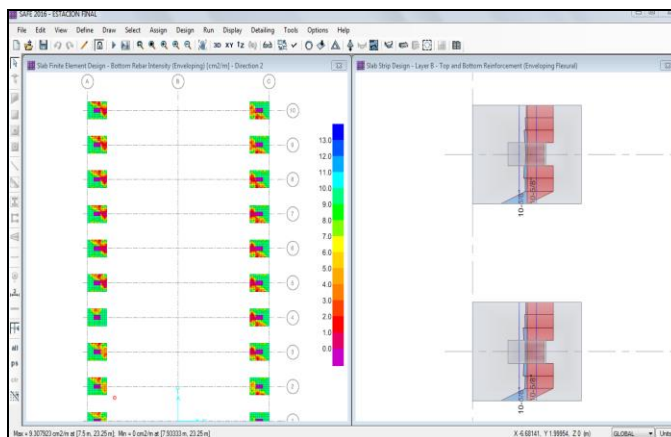


Figura 106. Acero de refuerzo longitudinal en zapatas en los sentidos X e Y.

Nota: Elaborado por el autor en SAFE 2016.

En la dirección X-X se distribuirá acero de refuerzo de 5/8" a cada 20cm, en la parte inferior y superior de la zapata, de esta manera existiendo un reforzamiento en doble malla.

En el sentido Y-Y, solo es necesario la distribución de acero 5/8" a cada 20cm en la parte inferior del cimiento.

4.3. Procesamiento Del Diseño Eléctrico De Controles Y Motor

En primer lugar debemos conocer el tipo de energía donde se va a instalar el motor, para el caso la energía es mixta de 220V monofásica y 380V trifásica.

Como ya se realizó el cálculo de velocidad ya no es necesario un variador de velocidad para automatizar el sistema de transporte, se debe escoger un motor trifásico.

Consta de 02 estaciones.

Se debe escoger el motor comercial que más se aproxime por encima a su potencia teórica.

4.3.1. Motor De Arranque

A. Grupo electrógeno

De 275 KVA y 100KVA de potencia efectiva a 1000 msnm, trifásico, 230 voltios, que pueda soportar una sobrecarga de energía del 10% cada 12 horas de trabajo durante una hora. 60 Hz, velocidad de rotación 1800 rpm, el motor eléctrico está conectado al alternador y montado sobre una base de metal común, y su sistema asegura que la vibración sea absorbida. Encapsulado e insonorizado.

B. Motor

- Motor diesel estacionario de cuatro tiempos, configuración de cilindros vertical y en línea.
- De potencia adecuada a la requerida por el alternador.
- Funcionamiento con petróleo diesel, de inyección directa.
- Sistema de refrigeración por agua, con radiador de tiro forzado y filtro de agua anticorrosivo.
- Sistema de aspiración turbo alimentado y post-enfriado.
- Sistema de lubricación con bomba de aceite de alta presión, accionada por engranajes.
- Gobernador de velocidad mecánica, 3%.
- Sistema de arranque con motor eléctrico de 24 voltios, mediante baterías.
- Alternador de carga de baterías.

- Sistema para precalentamiento del agua de las camisas del motor mediante resistencias de 230 voltios, incluye bomba de recirculación de agua.
- Sistema de protección: Parada automática por alta temperatura de agua, baja presión de aceite y sobre velocidad.

C. Alternador

- De 150 Kw. de potencia con una tolerancia de +10%.
- Excitación: tipo estático sin escobillas, trifásico, autorregulado, auto editado y de alto rendimiento.
- Aislamiento de rotor / estator, clase h / h.
- Generación eléctrica de 220 voltios, 60 Hz. Trifásico y $\cos\phi=0.8$, velocidad 1800 rpm.
- Regulación de voltaje por tarjeta AVR, de +-1%, con resina de protección contra vibraciones.
- Eficiencia mínima de 93% a plena carga.

D. Base y armado

Base común de acero estructural tipo patín y acoplamiento mediante discos metálicos flexibles. Resilentes antivibratorios entre el conjunto motor-alternador y bastidor.

Tanque de combustible de capacidad de horas de autonomía, 12 horas, encapsulado e insonorizado .



Figura 107. Grupo electrógeno diesel.

E. Tablero de motor

- Alojado en gabinete metálico del tipo para trabajo pesado, con aisladores antivibratorios.
- Interruptor trifásico con desconexión por sobrecarga y cortocircuito.
- Capacidad para autodiagnóstico de fallas.
- Switch de arranque/parada
- Automático con arranque remoto
- Potenciómetro para ajuste de voltaje, +/- 5%
- Indicadores de alarma y estado:
- Alarma por baja presión de aceite
- Alarma por alta temperatura de agua
- Parada automática por sobre-velocidad
- Parada automática por sobre-arranque
- Indicador de falla por carga de batería
- Monitoreo
- Termómetro para la temperatura de agua
- Manómetro para la presión de aceite
- Horómetro
- Voltímetro de carga de baterías
- Voltímetro AC
- Amperímetro AC
- Conmutador de amperímetro y voltímetro
- Frecuencímetro
- Manual de operación.



Figura 108. Tablero de controles.

F. Pozo De Tierra Sistema Normal

- Comprende el suministro e instalación de todos los componentes o insumos según
- El sistema deberá tener una resistencia menor o igual a 15 ohms.
- El pozo de tierra está compuesto por:
 - Electrodo de cobre de 3/4" de diámetro x 2.40 metros de cobre.
 - Conector tipo AB de 3/4"
 - Tierra de chacra (tierra de cultivo)
 - Tubos de PVC SAP de 3/4" de diámetro
 - Curva de PVC SAP de 3/4" de diámetro
 - Unión de PVC SAP de 3/4" de diámetro
 - Conector de PVC SAP de 3/4" de diámetro
 - Terminal para cable 25mm²
 - Cable de cobre desnudo de 25mm² de temple blando
 - Caja de concreto 0,4x0,4
 - Dosis THOR GEL x 5 Kgs. o similar

G. Tablero de control incorporado en cabina

El funcionamiento independiente es importante, para la circulación de la cabina, constara de 3 botones los cuales tiene funciones de:

- derecha o adelante
- izquierda o atrás
- parada de emergencia

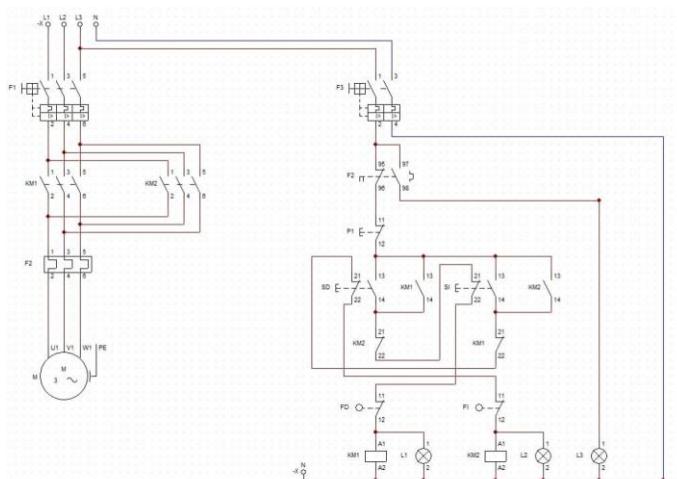


Figura 109. Esquema de tablero

CAPÍTULO V DISCUSION

Como objetivo específico 1, se había planteado:

“Analizar el recorrido de las cabinas trasportadoras tomando en cuenta la topografía de la quebrada San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.”

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

De acuerdo a nuestra realidad a nivel nacional, se tiende a solucionar los problemas de intercomunicación entre poblaciones vulnerables de difícil acceso, como es el caso de la población de Calacoa y San Cristóbal, mediante la pavimentación o creación de vías de tránsito vehicular, siendo esta alternativa costosa y demorosa en su ejecución, además de requerir mantenimiento permanente de la vía por desmoronamientos, derrumbes, etc. Es que se optó por la alternativa más sencilla, con un menor costo de ejecución y menor tiempo de transporte, al cual se le denomina sistema de teleférico que conecta de manera directa a las poblaciones de Calacoa y San Cristóbal.

El sistema de transporte por cable (teleférico) soluciona los diferentes problemas de comunicación que existen constantemente durante todo el año, es por eso que, siendo un sistema de transporte de menor costo, es una alternativa viable y de bajo costo de mantenimiento a comparación con el sistema tradicional.

Como objetivo específico 2, se había planteado:

“Determinar el sistema de cables, cabinas y motores es el más adecuado aplicar en San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.”

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

Para el diseño estructural del teleférico se ha tenido en consideración el principal factor para determinar la alternativa como viable ante un sistema tradicional, que tenga el menor costo posible, considerando que se cumpla con los requerimientos mínimos de la norma peruana vigente, como es el código de diseño NTE.020, NTE.030, NTE.060 y NTE.090, para los elementos de soporte, como

torres estructurales y las dos estaciones de composición mixta (concreto y acero estructural), obteniéndose resultados satisfactorios en su diseño. Y para la evaluación del cable de transporte se aplicó el procedimiento establecido en la norma española UNE.

Para la ubicación de las estaciones de inicio y fin del trayecto, se consideraron las características topografías, accesibilidad peatonal y vehicular para su construcción, además de considerar el bajo riesgo de deslizamientos, inundaciones, etc.

De igual modo, para las torres de soporte, se consideraron los criterios establecidos en la norma UNE, de la separación máxima entre torres, topografía, zonas accesibles o estables con bajo riesgo de deslizamientos, derrumbes, etc. Que afectarían en la vida útil del proyecto.

Para el diseño de los cables, se consideraron las cargas gravitacionales y cargas de viento, con el cual se optó por el uso del cable de alma de acero 1.5 pulgadas, con un factor de seguridad de diseño de 4.31.

De acuerdo a las estimaciones de la potencia necesaria para mantener la velocidad constante, se determinó que el sistema eléctrico requiere de una línea trifásica, considerando que la línea principal de abastecimiento eléctrico de ambas poblaciones es monofásica, es que se consideró en el diseño el uso de grupos electrógenos y transformadores de potencia, con el cual el sistema de transporte por cable garantiza su correcto funcionamiento.

Como objetivo general, se había planteado:

“Realizar el estudio de un sistema de transporte por cable - teleférico en el Distrito de San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.”

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

Respecto a la información recopilada, la municipalidad distrital de Calacoa cuenta con información técnica del área intervenido, lo que facilitó la obtención de datos geotécnicos y topográficos, siendo los datos del estudio de mecánica de suelos correspondientes a lugares cercanos a las estaciones propuestas. Debido al

difícil acceso a las zonas propuestas los cimientos de las torres de soporte, no fue posible el acceso debido a la inaccesibilidad por pendientes pronunciadas y congestión de vegetación.

Se ha investigado los accesos y/o trochas de herradura utilizados por los pobladores, el cual cuenta con 9km de longitud aproximadamente, siendo casi inaccesible por vehículos en épocas de máxima avenida, con el cual las actividades agrícolas, ganaderas, comerciales, escolares, etc se ven paralizadas, afectando a ambas poblaciones.

CONCLUSIONES

Conclusión General

- El estudio realizado demuestra la viabilidad topográfica y técnica para la construcción de un teleférico entre las localidades de San Cristobal – Calacoa, puesto que la topografía que une a estas localidades es irregular, generando una pérdida de tiempo y esfuerzos al trasladarse entre una localidad y otra, y puesto que soluciones como la construcción de carreteras o puentes sería difícil y costosa.

Primera Conclusión

- La ruta del teleférico fue establecida para que su construcción genere el menor costo posible, considerando las ubicaciones optimas de las estaciones y la accesibilidad de las torres de soporte. La ubicación de las estaciones en ambos centros poblados fue establecida considerando las mejores condiciones de accesibilidad, geomorfología, de bajo riesgo de deslizamiento, lugar estratégico. Las torres de soporte del sistema de transporte por cable se ubicaron en zonas altas, donde no se de los problemas de deslizamientos, socavaciones, y sean accesibles para su construcción. Proponiéndose 08 torres, el uso de 02 cabinas de 4 a 20 pasajeros cada uno, para lo cual se debe realizar el procedimiento establecido en la norma UNE. Se considerarán los Teleférico bicable de vaivén de varios tramos con cabina de gran capacidad.

Segunda Conclusión

- El diseño estructural comprende la evaluación integral de las torres con mayores esfuerzos actuantes, por lo que se realiza el diseño para las torres tipo I (torre N°01, torre N°07 y torre N°08), Torre tipo II (torre N°02), Torre tipo III (torre N°04, torre N°05 y torre N°06) y la Torre tipo IV (torre N°03). La estructura tiene categoría A2, pues será un medio de transporte único de los distritos conectados en caso de inundaciones y/o desastres naturales. El motor de arranque consta de un grupo electrógeno de 275 KVA y 100KVA de potencia efectiva a 1000 msnm, trifásico, 230 voltios, que acepte sobrecarga de 10% de potencia por una hora cada 12 horas de funcionamiento; un motor Diésel estacionario de cuatro tiempos; un alternador de 150 Kw. de potencia con una tolerancia de +10%; una base y armado común de

acero estructural tipo patín y acoplamiento mediante discos metálicos flexibles; un tablero de motor; un pozo de tierra sistema normal; y un tablero de control incorporado en cabina.

RECOMENDACIONES

Primera Recomendación

- Puesto que nos encontramos ante un proyecto de capacidad inigualable en el sur del país, recomendar a la Municipalidad Distrital de San Cristobal – Calacoa tener en cuenta los cálculos realizados para su posterior supervisión y seguir los planes de seguridad para su implementación según normas establecidas por expertos, en montaje de teleféricos.

Segunda Recomendación

- Se recomienda a entidades públicas o privadas el no permitir introducir cambio alguno a los diseños originales del teleférico o modificaciones que afecten la seguridad de los pasajeros, la capacidad máxima de carga del teleférico se debe publicar en señales visibles y claras para evitar accidentes e inconvenientes futuros.

Tercera Recomendación

- Para el montaje de las torres y uso del cable, se requerirá la información del fabricante puesto que se trata de una delicada tarea de ingeniería que debe realizarse bajo estrictas normas de seguridad, teniendo en cuenta que el diseño y selección de los componentes que conforman el grupo motor conlleva a la realización de un análisis minucioso, el cual sale de los alcances de esta tesis, se recomienda a futuros tesisistas plantear investigaciones similares a la presente, para recabar mayor conocimiento e información.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- 123RF. (2019). Obtenido de https://es.123rf.com/photo_34511865_telesilla-en-la-ladera-de-una-gran-estacion-de-esqui-AD.html
- AG continental. (2010). Obtenido de http://www.agcontinental.com/cables_acero/catalogo-tecnico/
- Agencia EFE. (2016). Obtenido de <https://www.efe.com/efe/espana/gente/vietnam-inaugura-el-teleferico-de-tres-cables-mas-largo-del-mundo/10007-2828687>
- Anexo: Medios de transporte. (07 de julio de 2016). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Medios_de_transporte
- Año Torres Quevedo. (2016). Obtenido de <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/visionarios/2016-ano-torres-quevedo/>
- Brockenbrough, R. I. (2006). *Steel Designer's Handbook*. Hill Companies inc.
- BEYOND. (2019). Obtenido de <https://www.andbeyond.com/tailormade-tours/the-best-of-ecuador/>
- Cable de Acero. (10 de julio de 2016). *cimatelsrl.com*. Obtenido de [cimatelsrl.com: http://www.cimatelsrl.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=15](http://www.cimatelsrl.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=15)
- Cables de Acero. (6 de abril de 2016). *cablacentrosac.com*. Obtenido de [cablacentro s.a.c.: http://www.cablacentrosac.com/cables.html](http://www.cablacentrosac.com/cables.html)
- Ciquero, L. Z. (2007). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE PUENTES COLGANTES*. LIMA: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cimatel Importaciones S.R.L. (2019). Obtenido de <http://www.cimatelsrl.com/producto/609/enchufe-industrial-de-10-polos-16-amp-metalico-2>
- Comité Regional de Defensa Civil Moquegua. (s.f.). *Plan regional de prevención y atención de desastres - Moquegua*. Moquegua: INDECI.
- DOPPELMAYR. (6 de abril de 2016). Obtenido de <https://www.doppelmayr.com/es/>
- Emocables. (2010). Obtenido de <http://www.emcocables.co/catalogs-emcocables/>
- Espinoza, J., & Aristizabal, R. (2005). Estudio de un sistema de transporte de caña por cable con recolección multipunto. *Universidad Nacional De Colombia*, 32.
- Google imágenes. (2013). *Finde la tercera*. Obtenido de <https://finde.latercera.com/aire-libre/teleferico-santiago-cerro-reapertura/>
- Google Imágenes. (2019). Obtenido de <https://www.google.com/search?q=Funicular+del+Monte+UI%ADa+en+San+S>

- ebasti%C3%A1n&rlz=1C1CHBD_esPE860PE861&sxsrf=ALeKk00abfd6CQnU9nd
lMyeKNIVii4I5iQ:1606951230710&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKE
wicjZzqt7DtAhXus1kKHfrWAicQ_AUoAnoECAyQBA&biw=1280&bih=
- Guisalain, M. (2006). *Estructuras a Traccion*. Paris.
- Ibarra, G. (2012). *Replanteamiento del Teleférico de Quito*. Universidad San Francisco De Quito.
- LEITNER-ROPEWAYS. (11 de julio de 2016). *www.leitner-ropeways.com*. Obtenido de *www.leitner-ropeways.com*: <https://www.leitner-ropeways.com/es/empresa/informaciones-utiles/elementos-de-telefericos/>
- Lemus, J. (2012). *Remodelación área recreativa, operación y mantenimiento del teleférico Amatitlán*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Marocco, R., & Del pino, M. (1966). *Geología del cuadrangulo de Ichuña*. Lima: Servicio de Geología y Minería.
- Ministerio del Ambiente. (2018). Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=moquegua&p=estaciones>
- Miravete de Marco, A. (1998). Los trasportes en la ingeniería industrial. En A. Miravete de Marco, *Los trasportes en la ingeniería industrial* (pág. 541). Zaragoza: Miravete.
- Normalizacion, I. N. (1976). *Cables de acero para teleféricos y funiculares*. Madrid: IRANOR.
- Orro, A.; Novales, M. y Rodriguez M. (2003). *TRANSPORTE POR CABLE*. La Coruña: Torculo Artes Gráficas.
- PeikkoGroupCorp. (11 de julio de 2016). *Youtube.com*. Obtenido de Youtube.com: <https://www.youtube.com/watch?v=C4Mm3mvN1P0>
- Ponce, A., & Ponce, R. (2013). Diseño y simulación de un teleférico con capacidad de transportación para 8 personas y un recorrido de 1 Km. *Universidad Politécnica Salesiana*.
- Pozo, V. (6 de noviembre de 2013). Lanza nuevo proceso de licitación para reabrir Teleférico San Cristóbal. *La Tercera*, pág. 42.
- Rivera, G. (2005). *Estudio de prefactibilidad técnica y económica de un teleférico en el Cerro Divisadero (Coyhaique)*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Sebrier, M. (Diciembre de 1985). *Advancing Earth And Space Science*. Obtenido de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/TC004i007p00739>
- Sigmacabins. (2019). Obtenido de <https://www.sigmacabins.com/more-about-our-diamond-range.html>
- Stauder, W. (10 de marzo de 1975). *Advancing Earth And Space Science*. Obtenido de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/JB080i008p01053>

Transporte aéreo. (09 de julio de 2016). <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>.

Obtenido de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>:

<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/medios-y-gesti%C3%B3n-del-transporte/transporte-a%C3%A9reo/>

Vargas, A. M. (2011). *Diseño y construcción de un transporte de carga por medio de cables.*

Medellin

Weather Spark. (2019). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/>

APÉNDICE

Apéndice A
Matriz de consistencia.

Tabla 42

Matriz De Consistencia Matriz De Consistencia: Estudio De Un Sistema De Transporte Por Cable-Teleférico En El Distrito De San Cristóbal Calacoa-Provincia De Mariscal Nieto.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cómo debe ser el estudio de un sistema de transporte por cable - teleférico en el Distrito de San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto?	• Realizar el estudio de un sistema de transporte por cable - teleférico en el Distrito de San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.	El estudio de un sistema de transporte por cable - teleférico en el Distrito de San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto debe ser práctico y económico.	Transporte por cable – teleférico Trazado del teleférico - Geología - Suelos - Geomorfología - Clima - Vegetación - Tenencia de la tierra - Longitud del trazado - Viento Ingeniería del diseño - Estaciones terminales - Equipo Motriz - Sistema de seguridad - Cabinas o vehículos - Cable de acero - Torres de apoyo	Observación de las dificultades de transporte de los pobladores de Calacoa Visita a la zona de estudio para recolección de datos y mediciones. Recopilación de información técnica bibliográfica. Creación de ejemplos para el prediseño del transporte por cable aéreo. Revisión de parte de ingenieros afines a la materia. Elaboración del informe final
¿Cuál sería el recorrido de las cabinas trasportadoras tomando en cuenta la topografía de la quebrada San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto?	• Analizar el recorrido de las cabinas trasportadoras tomando en cuenta la topografía de la quebrada San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.			
¿Qué sistema de cables, cabinas y motores es el más adecuado aplicar en San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto?	• Determinar el sistema de cables, cabinas y motores es el más adecuado aplicar en San Cristóbal Calacoa Provincia Mariscal Nieto.			
<i>Nota:</i>	Elaborado	por	el	autor.

Apéndice B

Tablas usadas de la norma UNE.

UNE 36-714-76

- 2 -

Tabla I

Composición del cable	Alma		Composición de los cordones	Revestimiento (1)		Gama de diámetros de mm	Tabla
	textil	metálica		gris	galvanizado G2		
3.1 Cables carriles Cerrado de 2 capas de Z		X		X		20 a 60	III
3.2 Cables de movimiento							
6 x 7 + 1 T	X		(6 + 1)	X	X	8 a 20	IV
6 x 19 + 1 T Seale	X		(9 + 9 + 1)	X	X	18 a 40	V
6 x 19 + (7 + 7 + 0) Seale		X	(9 + 9 + 1)	X	X	18 a 40	V
6 x 19 + 1 T Relleno	X		(12 + 6 R + 6 + 1)	X	X	18 a 40	VI
3.3 Cables de tensión							
6 x 37 + 1 T	X		(18 + 12 + 6 + 1)	X	X	20 a 40	VII
6 x 61 + 1 T	X		(24 + 18 + 12 + 6 + 1)	X	X	30 a 60	VIII
3.4 Cables para funiculares							
6 x 19 + 1 T Seale	X		(9 + 9 + 1)	X	X	18 a 40	V
6 x 19 + 1 T Relleno	X		(12 + 6 R + 6 + 1)	X	X	20 a 52	VI

(1) Deberá concretarse en el pedido.

1 180 N/mm² (120 kgf/mm²)1 270 N/mm² (130 kgf/mm²)

4.1.2 Clase de superficie de los alambres. La superficie de los alambres podrá ser gris o con galvanizado G2 y deberá concretarse en el pedido.

4.2 Almas

4.2.1 Almas textiles. Las almas textiles de los cables podrán estar fabricadas de cáñamo, sisal o material sintético.

4.2.2 Almas metálicas. El alma central de acero estará formada generalmente por un cable independiente de composición 7 x 7 + 0.

Los alambres utilizados en la fabricación del alma central serán, normalmente, de la misma resistencia que los alambres que constituyen los cordones del cable. El fabricante podrá, de forma opcional, utilizar almas metálicas, fabricadas con alambres de resistencia 160 kgf/mm² (1 570 N/mm²).

En todo caso, los cables deberán tener una carga de rotura no inferior a la indicada en la tabla correspondiente para la resistencia nominal R_0 especificada.

4.3 Lubrificantes.

Los lubricantes para cables deberán elegirse de forma que reduzcan el rozamiento interno del cable, protejan a los alambres de acero de la corrosión y al alma contra su deterioro o descomposición.

Los lubricantes han de estar exentos de ácidos y de contenido excesivo de alcalinidad y no deben perjudicar a los alambres ni a las almas textiles. En el caso de poleas y rodillos guarnecidos el utilizador informará en el pedido al fabricante del material de revestimiento con el fin de acordar una grasa adecuada.

5 CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES

5.1 Cordones

Los cordones deberán fabricarse de forma uniforme y carecer de alambres flojos.

El paso de cordoneado de cada capa de alambre no deberá variar de forma apreciable.

Todos los alambres de un cordón de alambres paralelos deberán ser cordoneados en una sola operación.

Los alambres centrales deberán tener un tamaño tal que los alambres que en ellos apoyen se dispongan uniformemente. Salvo especificación en contrario, el sentido de torsión de los alambres será a la izquierda.

5.2 Cables

El cable deberá ser cableado uniformemente y los cordones deberán estar bien asentados sobre el alma.

El paso de cableado no deberá variar en forma apreciable y en los cables cerrados será del orden de nueve veces el diámetro del cable y siete veces en los cables de cordones.

Es recomendable una cierta holgura entre los cordones de un cable nuevo.

En los cables galvanizados, todos los alambres, incluidos los del alma de acero, si existiese, deberán ser galvanizados.

Los alambres se unirán por soldadura a tope. Estas uniones deberán estar espaciadas por lo menos en seis veces el paso del alambre o del cordón y su número, para una longitud de 500 mm, no puede exceder del número de alambres de cable. En todo caso, en una misma sección normal se puede aceptar más de una unión.

Este documento ha sido adquirido por CARLOS HERNAN ALFREDO MACHACA BLANCO el 19 de Mayo de 2017.

Para poder utilizarlo en un sistema de red interno, deberá disponer de la correspondiente licencia de AENOR

Figura 110. Normas UNE. Cables.

Nota: Obtenido de Normalizacion (1976).

Tabla III

Cable cerrado de 2 Z

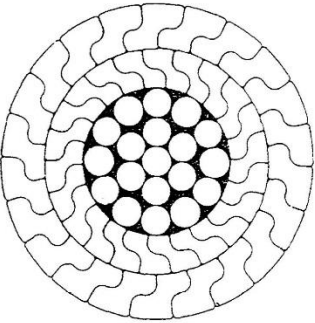


Fig. 1

1		2	3		4	5	6
Diámetro		Masa aproximada	Carga de ruptura mínima del cable correspondiente a una clase de resistencia nominal R_0 de hilos de				
			1 420 N/mm ²	(145 kgf/mm ²)	1 570 N/mm ²	(160 kgf/mm ²)	
mm	Tolerancia	kg/100 m	kN	kgf	kN	kgf	
26		3,76	481,6	49 100	526,8	53 700	
28		4,44	568,4	57 950	621,9	63 400	
30		5,08	653,3	66 600	716,1	73 000	
32		5,67	750,8	74 500	800,9	81 650	
34		6,43	828,4	84 450	908,9	92 650	
36		7,25	937,3	95 550	1 029,0	104 900	
38		8,02	1 036,8	105 650	1 117,9	115 000	
40	+ 4	9,07	1 178,8	119 450	1 286,1	131 100	
42	- 1	9,74	1 262,0	128 650	1 387,1	141 400	
44		10,96	1 419,5	144 700	1 564,7	159 500	
46		11,92	1 543,6	157 350	1 636,3	166 800	
48		13,00	1 690,2	172 300	1 859,9	189 600	
50		13,84	1 805,0	184 000	1 988,4	202 700	
52		16,16	1 974,2	201 250	2 174,3	221 650	
54		16,41	2 144,4	218 600	2 364,2	241 000	
56		17,38	2 277,3	232 150	2 511,3	256 000	
58		18,91	2 467,7	251 550	2 679,6	273 150	
60		20,12	2 612,0	268 300	2 905,7	296 200	

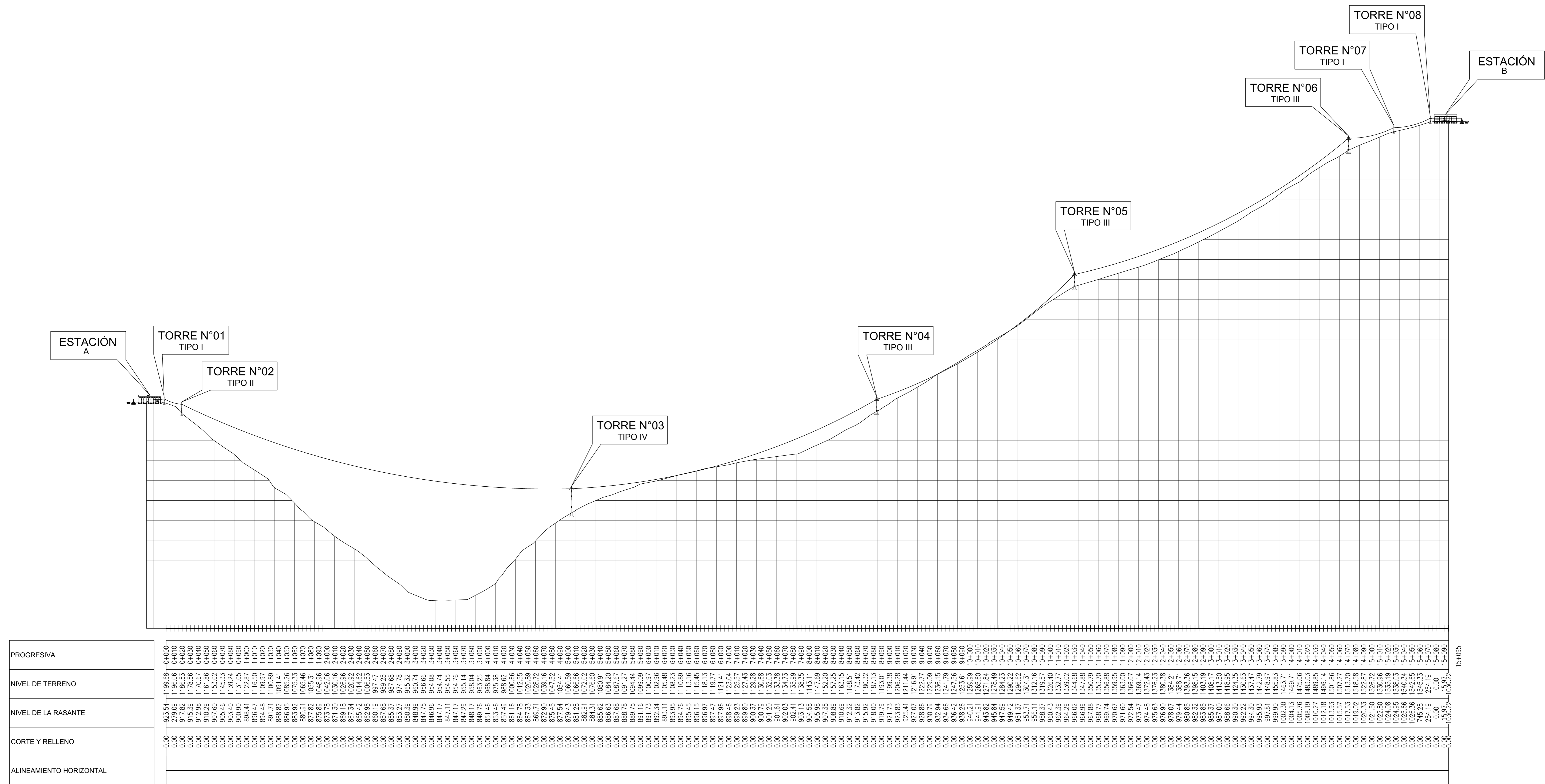
Este documento ha sido adquirido por CARLOS HERNAN ALFREDO MACHACA BLANCO el 19 de Mayo de 2017.
Para poder utilizarlo en un sistema de red interno, deberá disponer de la correspondiente licencia de AENOR

Figura 111. Cable cerrado de 2Z

Nota: Obtenido de Normalizacion (1976).

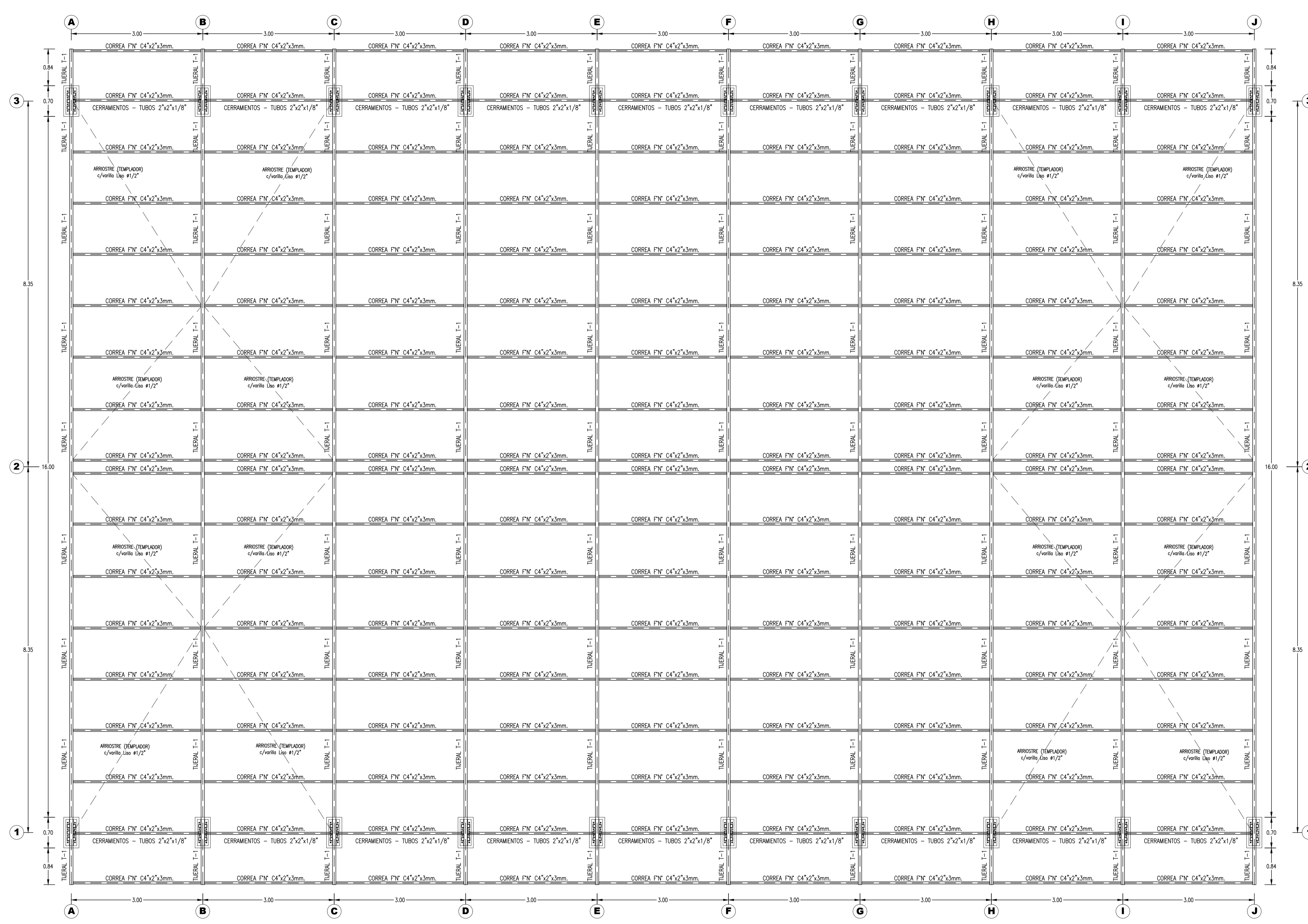
Apéndice C

Perfil.



PROGRESIVA	NIVEL DE TERRENO	NIVEL DE LA RASANTE	CORTE Y RELLENO	ALINEAMIENTO HORIZONTAL
0.00	923.54	1199.08	0.00	
0.00	279.09	1196.06	0.00	
0.00	915.52	1198.23	0.00	
0.00	912.98	1170.67	0.00	
0.00	910.29	1161.86	0.00	
0.00	907.60	1153.02	0.00	
0.00	904.90	1144.18	0.00	
0.00	902.20	1135.35	0.00	
0.00	899.50	1126.51	0.00	
0.00	896.80	1117.67	0.00	
0.00	894.10	1108.83	0.00	
0.00	891.40	1100.00	0.00	
0.00	888.70	1091.16	0.00	
0.00	886.00	1082.32	0.00	
0.00	883.30	1073.48	0.00	
0.00	880.60	1064.64	0.00	
0.00	877.90	1055.80	0.00	
0.00	875.20	1046.96	0.00	
0.00	872.50	1038.12	0.00	
0.00	869.80	1029.28	0.00	
0.00	867.10	1020.44	0.00	
0.00	864.40	1011.60	0.00	
0.00	861.70	1002.76	0.00	
0.00	859.00	993.92	0.00	
0.00	856.30	985.08	0.00	
0.00	853.60	976.24	0.00	
0.00	850.90	967.40	0.00	
0.00	848.20	958.56	0.00	
0.00	845.50	949.72	0.00	
0.00	842.80	940.88	0.00	
0.00	840.10	932.04	0.00	
0.00	837.40	923.20	0.00	
0.00	834.70	914.36	0.00	
0.00	832.00	905.52	0.00	
0.00	829.30	896.68	0.00	
0.00	826.60	887.84	0.00	
0.00	823.90	879.00	0.00	
0.00	821.20	870.16	0.00	
0.00	818.50	861.32	0.00	
0.00	815.80	852.48	0.00	
0.00	813.10	843.64	0.00	
0.00	810.40	834.80	0.00	
0.00	807.70	825.96	0.00	
0.00	805.00	817.12	0.00	
0.00	802.30	808.28	0.00	
0.00	799.60	799.44	0.00	
0.00	796.90	790.60	0.00	
0.00	794.20	781.76	0.00	
0.00	791.50	772.92	0.00	
0.00	788.80	764.08	0.00	
0.00	786.10	755.24	0.00	
0.00	783.40	746.40	0.00	
0.00	780.70	737.56	0.00	
0.00	778.00	728.72	0.00	
0.00	775.30	719.88	0.00	
0.00	772.60	711.04	0.00	
0.00	769.90	702.20	0.00	
0.00	767.20	693.36	0.00	
0.00	764.50	684.52	0.00	
0.00	761.80	675.68	0.00	
0.00	759.10	666.84	0.00	
0.00	756.40	658.00	0.00	
0.00	753.70	649.16	0.00	
0.00	751.00	640.32	0.00	
0.00	748.30	631.48	0.00	
0.00	745.60	622.64	0.00	
0.00	742.90	613.80	0.00	
0.00	740.20	604.96	0.00	
0.00	737.50	596.12	0.00	
0.00	734.80	587.28	0.00	
0.00	732.10	578.44	0.00	
0.00	729.40	569.60	0.00	
0.00	726.70	560.76	0.00	
0.00	724.00	551.92	0.00	
0.00	721.30	543.08	0.00	
0.00	718.60	534.24	0.00	
0.00	715.90	525.40	0.00	
0.00	713.20	516.56	0.00	
0.00	710.50	507.72	0.00	
0.00	707.80	498.88	0.00	
0.00	705.10	490.04	0.00	
0.00	702.40	481.20	0.00	
0.00	699.70	472.36	0.00	
0.00	697.00	463.52	0.00	
0.00	694.30	454.68	0.00	
0.00	691.60	445.84	0.00	
0.00	688.90	437.00	0.00	
0.00	686.20	428.16	0.00	
0.00	683.50	419.32	0.00	
0.00	680.80	410.48	0.00	
0.00	678.10	401.64	0.00	
0.00	675.40	392.80	0.00	
0.00	672.70	383.96	0.00	
0.00	670.00	375.12	0.00	
0.00	667.30	366.28	0.00	
0.00	664.60	357.44	0.00	
0.00	661.90	348.60	0.00	
0.00	659.20	339.76	0.00	
0.00	656.50	330.92	0.00	
0.00	653.80	322.08	0.00	
0.00	651.10	313.24	0.00	
0.00	648.40	304.40	0.00	
0.00	645.70	295.56	0.00	
0.00	643.00	286.72	0.00	
0.00	640.30	277.88	0.00	
0.00	637.60	269.04	0.00	
0.00	634.90	260.20	0.00	
0.00	632.20	251.36	0.00	
0.00	629.50	242.52	0.00	
0.00	626.80	233.68	0.00	
0.00	624.10	224.84	0.00	
0.00	621.40	216.00	0.00	
0.00	618.70	207.16	0.00	
0.00	616.00	198.32	0.00	
0.00	613.30	189.48	0.00	
0.00	610.60	180.64	0.00	
0.00	607.90	171.80	0.00	
0.00	605.20	162.96	0.00	
0.00	602.50	154.12	0.00	
0.00	599.80	145.28	0.00	
0.00	597.10	136.44	0.00	
0.00	594.40	127.60	0.00	
0.00	591.70	118.76	0.00	
0.00	589.00	109.92	0.00	
0.00	586.30	101.08	0.00	
0.00	583.60	92.24	0.00	
0.00	580.90	83.40	0.00	
0.00	578.20	74.56	0.00	
0.00	575.50	65.72	0.00	
0.00	572.80	56.88	0.00	
0.00	570.10	48.04	0.00	
0.00	567.40	39.20	0.00	
0.00	564.70	30.36	0.00	
0.00	562.00	21.52	0.00	
0.00	559.30	12.68	0.00	
0.00	556.60	3.84	0.00	
0.00	553.90	-5.00	0.00	
0.00	551.20	-13.84	0.00	
0.00	548.50	-22.68	0.00	
0.00	545.80	-31.52	0.00	
0.00	543.10	-40.36	0.00	
0.00	540.40	-49.20	0.00	
0.00	537.70	-58.04	0.00	
0.00	535.00	-66.88	0.00	
0.00	532.30	-75.72	0.00	
0.00	529.60	-84.56	0.00	
0.00	526.90	-93.40	0.00	
0.00	524.20	-102.24	0.00	
0.00	521.50	-111.08	0.00	
0.00	518.80	-119.92	0.00	
0.00	516.10	-128.76	0.00	
0.00	513.40	-137.60	0.00	
0.00	510.70	-146.44	0.00	
0.00	508.00	-155.28	0.00	
0.00	505.30	-164.12	0.00	
0.00	502.60	-172.96	0.00	
0.00	499.90	-181.80	0.00	
0.00	497.20	-190.64	0.00	
0.00	494.50	-199.48	0.00	
0.00	491.80	-208.32	0.00	
0.00	489.10	-217.16	0.00	
0.00	486.40	-226.00	0.00	
0.00	483.70	-234.84	0.00	
0.00	481.00	-243.68	0.00	
0.00	478.30	-252.52	0.00	
0.00	475.60	-261.36	0.00	
0.00	472.90	-270.20	0.00	
0.00	470.20	-279.04	0.00	
0.00	467.50	-287.88	0.00	
0.00	464.80	-296.72	0.00	
0.00	462.10	-305.56	0.00	
0.00	459.40	-314.40	0.00	
0.00	456.70	-323.24	0.00	
0.00	454.00	-332.08	0.00	
0.00	451.30	-340.92	0.00	
0.00	448.60	-349.76	0.00	
0.00	445.90	-358.60	0.00	
0.00	443.20	-367.44	0.00	
0.00	440.50	-376.28	0.00	
0.00	437.80	-385.12	0.00	
0.00	435.10	-393.96	0.00	
0.00	432.40	-402.80	0.00	
0.00	429.70	-411.64	0.00	
0.00	427.00	-420.48	0.00	
0.00	424.30	-429.32	0.00	
0.00	421.60	-438.16	0.00	
0.00	418.90	-447.00	0.00	
0.00	416.20	-455.84	0.00	
0.00	413.50	-464.68	0.00	
0.00	410.80	-473.52	0.00	
0.00	408.10	-482.36	0.00	
0.00	405.40	-491.20	0.00	
0.00	402.70	-500.04	0.00	
0.00	400.00	-508.88	0.00	
0.00	397.30	-517.72	0.00	
0.00	394.60	-526.56	0.00	
0.00	391.90	-535.40	0.00	
0.00	389.20	-544.24	0.00	
0.00	386.50	-553.08	0.00	
0.00	383.80	-561.92	0.00	
0.00	381.10	-570.76	0.00	
0.00	378.40	-579.60	0.00	
0.00	375.70	-588.44	0.00	
0.00	373.00	-597.28	0.00	
0.00	370.30	-606.12	0.00	
0.00	367.60	-614.96	0.00	
0.00	364.90	-623.80	0.00	
0.00	362.20	-632.64	0.00	
0.00	359.50	-641.48	0.00	
0.00	356.80	-650.32	0.00	
0.00	354.10	-659.16	0.00	
0.00	351.40	-668.00	0.00	
0.00	348.70	-676.84	0.00	
0.00	346.00	-685.68	0.00	
0.00	343.30	-694.52	0.00	
0.00	340.60	-703.36	0.00	
0.00	337.90	-712.20	0.00	
0.00	335.20	-721.04	0.00	
0.00	332.50	-729.88	0.00	
0.00	329.80	-738.72	0.00	
0.00	327.10	-747.56	0.00	
0.00	324.40	-756.40	0.00	
0.00	321.70	-765.24	0.00	
0.00	319.00	-774.08	0.00	
0.00	316.30	-782.92	0.00	
0.00	313.60	-791.76	0.00	
0.00	310.90	-800.60	0.00	
0.00	308.20	-809.44	0.00	
0.00	305.50	-818.28	0.00	
0.00	302.80	-827.12	0.00	
0.00	300.10	-835.96	0.00	
0.00	297.40	-844.80	0.00	
0.00	294.70	-853.64	0.00	
0.00	292.00	-862.48	0.00	
0.00	289.30	-871.32	0.00	
0.00	286.60	-880.16	0.00	
0.00	283.90	-889.00	0.00	
0.00	281.20	-897.84	0.00	
0.00	278.50	-906.68	0.00	
0.00	275.80	-915.52	0.00	
0.00	273.10	-924.36	0.00	
0.00	270.40	-933.20	0.00	
0.00	267.70	-942.04	0.00	
0.00	265.00	-950.88	0.00	
0.00	262.30	-959.72	0.00	
0.00	259.60	-968.56	0.00	
0.00	256.90	-977.40	0.00	
0				

Apéndice D
Planos de diseño estructural.



PLANO DE ESTRUCTURA METÁLICA - ESTACIÓN "A" y "B" DEL TELEFÉRICO
ESC: 1/50

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

NORMAS Y CÓDIGOS APLICABLES:
 - MATERIALES : AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL - ASTM
 - ACERO : AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION - AISC
 - PINTURA : STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL - SSPC
 - SOLDADURA : AMERICAN WELDING SOCIETY - AWS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DE ACERO AISC - LERD 99 ÚLTIMA EDICIÓN:
 - ACERO ESTRUCTURAL : ASTM A36 TUBOS RECTANGULARES
 - H A36 : ASTM A-36/ASPM (1080-5620 kg/cm²)
 - SOLDADURA : ELECTRODOS AWS-A 5.1 SERIE E - 60 XX
 : ELECTRODOS AWS-A 5.1 SERIE E - 70 XX (PARA ACERO AL CARBONO)
 EN CORDONES CONTINUOS ALREDEDOR DE LAS UNIONES, SALVO INDICACIÓN.

- LA CALIDAD Y TRABAJO DE LA SOLDADURA CONFORMARÁ CON EL CÓDIGO DE SOLDADURA AWS D1.0-89 DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA (AMERICAN WELDING SOCIETY).

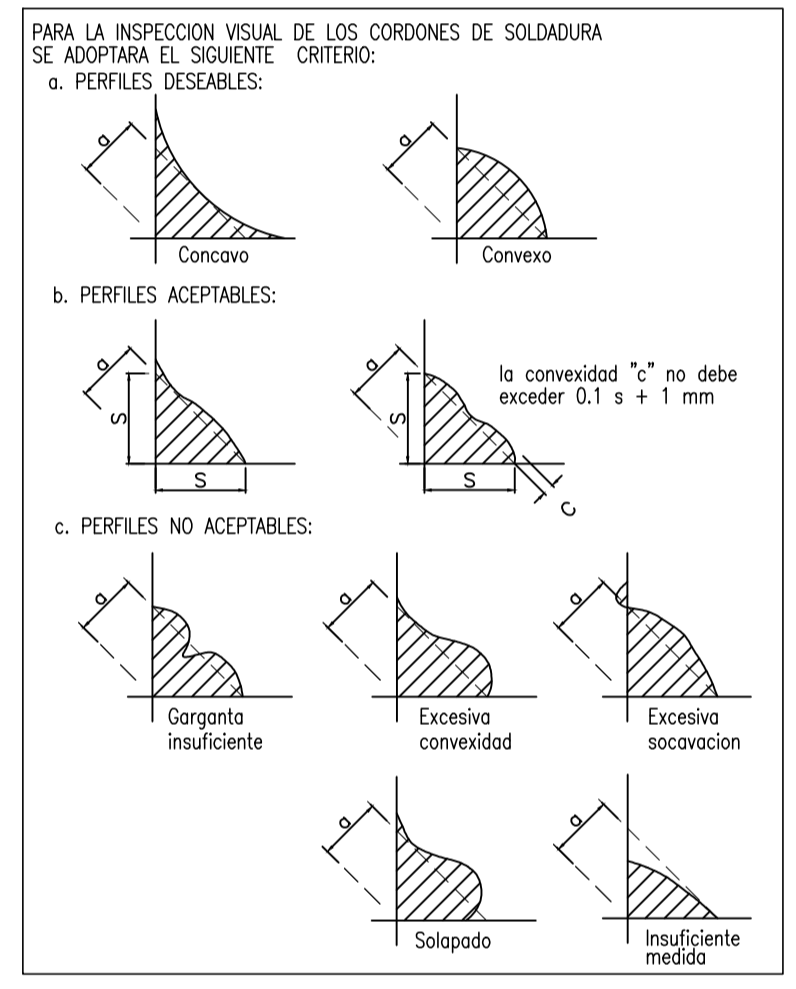
- LA SOLDADURA DE LAS UNIONES DEBERÁ DESARROLLAR LA CAPACIDAD EN TRACCIÓN DE CADA ELEMENTO CONCURRENTES Y DEBERÁ USARSE EL DIÁMETRO (Ø) DE LA VARILLA DE SOLDADURA QUE SE ESPECIFICA EN LOS PLANOS.

- EL TRABAJO DE LA SOLDADURA DEBERÁ SER EFECTUADO POR ESPECIALISTAS CON EXPERIENCIA, PARA QUE EL CORDÓN DE COSTURA DE LA SOLDADURA SEA NORMAL Y EVITAR REQUEMADURAS EN LAS PARTES A SOLDARSE, EL ESPECIALISTA ANTES DE EFECTUAR EL TRABAJO DEBERÁ REVISAR TODOS LOS ELEMENTOS CONFORMANTES REPARANDO CON ESCOBILLA DE ALAMBRE DE ACERO EN LAS ZONAS DE LAS PARTES A SOLDARSE Y DE ESTA MANERA EFECTUAR UNA UNIÓN SOLDADA LIMPIA.

- EL CONTRATISTA DE LA ESTRUCTURA DE ACERO DEBERÁ SOMETER AL PROYECTISTA PLANOS DE FABRICACIÓN EN LOS QUE SE MUESTRE EN DETALLE, LAS UNIONES SOLDADAS DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS IMPORTANTES QUE CONFORMA LA ESTRUCTURA DE ACERO.

- EL FABRICANTE DE LA ESTRUCTURA DE ACERO DEBERÁ PRESENTAR EN OBRA TODOS LOS EQUIPOS MECÁNICOS NECESARIOS PARA EFECTUAR EL MONTAJE DE ACIERO CON LAS NORMAS TÉCNICAS DE MONTAJE, SEGURIDAD Y PREVISIÓN.

PROTECCIÓN: LA ESTRUCTURA DE ACERO SE PROTEGERÁ CON PINTURA ANTICORROSIVA LA QUE CONSTARÁ DE LAS SIGUIENTES CAPAS:
 A) PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE: NORMAS SSPC - SP3
 B) IMPRIMANTE
 C) ANTICORROSIVO EPOXICO DE ALTO CONTENIDO DE SÓLIDOS, 1 CAPA DE 4 MILS DE ESPESOR MÍN. DE PELÍCULA SECA.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CONCRETO SIMPLE (CICLOPEO)
 CIMENTOS - SUBZAPATAS :
 f_c : 100kg/cm², MEZCLA CEMENTO/HORMIGÓN EN PROPORCIÓN DE 1:10 + 30% DE PIEDRA GRANDE (MÁXIMO Ø 6")

SOBRECIMENTOS:
 f_c : 175kg/cm², MEZCLA CEMENTO/HORMIGÓN EN PROPORCIÓN SEGÚN DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

CONCRETO ARMADO
 ZAPATAS : f_c : 210 Kg/cm²
 COLUMNAS : f_c : 210 Kg/cm²
 ACERO : f_y : 4200 Kg/cm²

SOBRECARGAS
 PATIO DE ESTACION : 400 Kg/m²

TERRENO - CAPACIDAD PORTANTE (SEGÚN E.M.S.):
 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN: Ø: 1.50m
 TIPO DE SUELO : G.P.
 CAPACIDAD PORTANTE : σ_1 : 2.50 Kg/cm² (SEGÚN E.M.S.) NPT+0.00

RECUBRIMIENTOS
 ZAPATAS : 7.50 cm.
 VIGA CIMENTACIÓN : 5.00 cm.
 SOBRECIMIENTO : 2.50 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS : 4.00 cm.
 ESCALERA Y LOSAS : 2.50 cm.

NOTAS GENERALES:
 - Vaciar columnas amarradas a los muros en forma dentada.
 - Evitar empalmes y traspases en zonas de máximo esfuerzo.
 - Curar concreto por vía húmeda.
 - Usar cemento tipo IP - suelo c/moderado índice de sulfatos.

PROYECTO:

ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLE TELEFÉRICO EN EL DISTRITO DE SAN CRISTOBAL CALACOA - PROVINCIA DE MARISCAL NIETO

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

PLANO:

ESTRUCTURA METÁLICA - ESTACION A y B

ESCALA:

FECHA:

INDICADA: MARZO 2019

TEJISTAS:

CLELIA FLOR DE MARÍA FERNÁNDEZ DAVILA ZECUBARRA CARLOS HERNAN ALFREDO MACHACA BLANCO

ASESOR DE TEJIS:

ING. JULIO CEBAN CRUZ ESPINOZA

OBSERVACIONES:

EL TÍTULO DE LA PRESENTE TEJIS UNIFORMIZADO

LÁMINA:

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

NORMAS Y CODIGOS APLICABLES:
 -MATERIALES : AMERICAN SOCIETY FOR TESTIN AND MATERIAL- ASTM
 -ACERO : AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION - AISC
 -PINTURA : STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL - SSPC
 -SOLDADURA : AMERICAN WELDING SOCIETY - AWS

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA FABRICACION Y MONTEAJE DE LA ESTRUCTURA DE ACERO AISC-FERRO 99 ULTIMA EDICION:
 -ACERO ESTRUCTURAL : ASTM A36 TUBOS RECTANGULARES : A-325 PERNOS DE ANCLAJE : ASTM A-36/A36M (1080-5620 kg/cm²)
 -SOLDADURA : ELECTRODOS AWS-A 5.1 SERIE E - 60 XX ELECTRODOS AWS-A 5.1 SERIE E - 70 XX (PARA ACERO AL CARBONO) EN CORDONES CONTINUOS ALREDEDOR DE LAS UNIONES, SALVO INDICACION.

- LA CALIDAD Y TRABAJO DE LA SOLDADURA CONFORMARA CON EL CODIGO DE SOLDADURA AWS D1.0-89 DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA (AMERICAN WELDING SOCIETY).

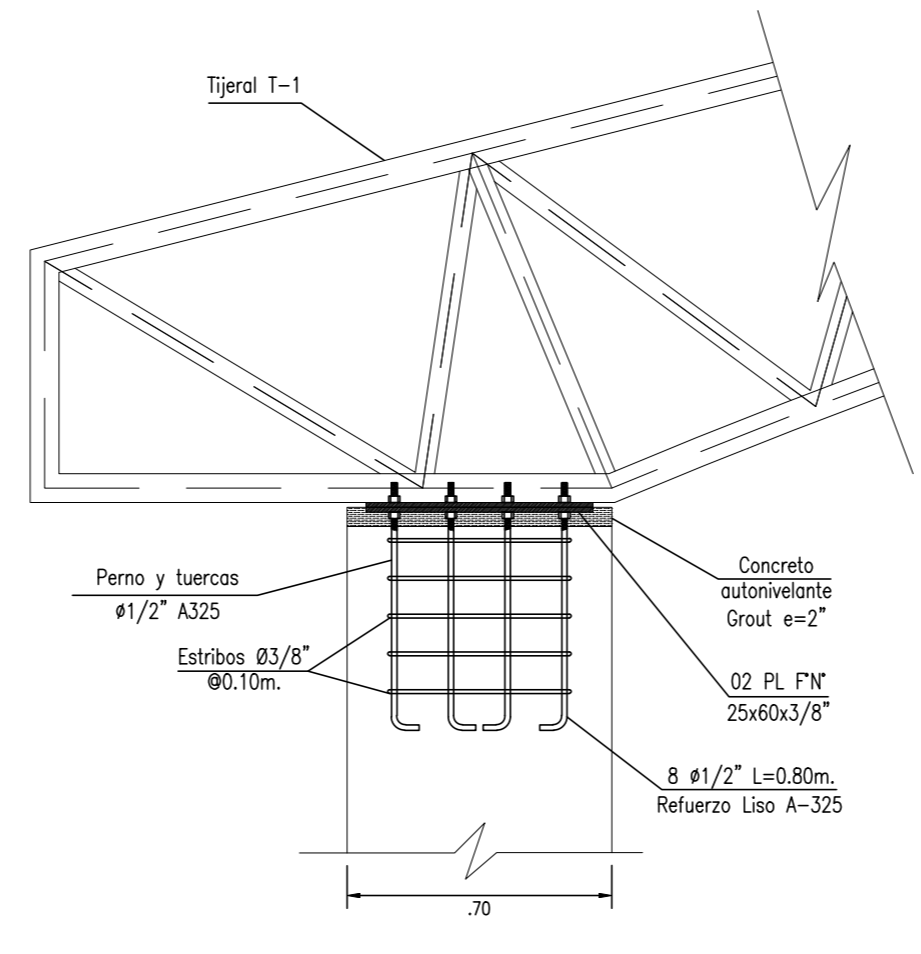
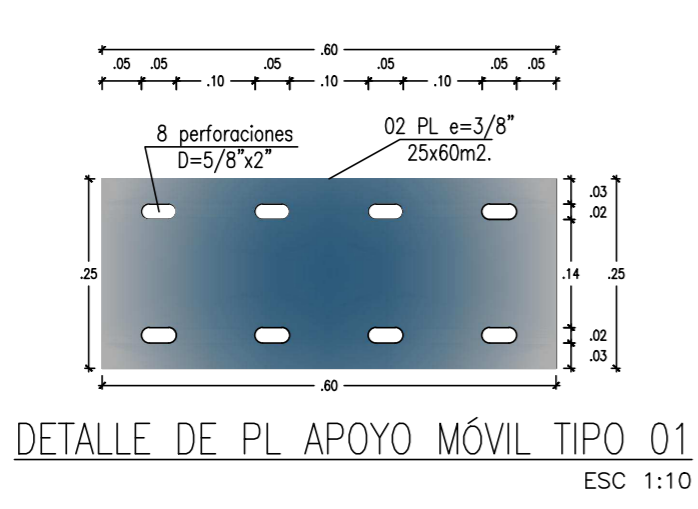
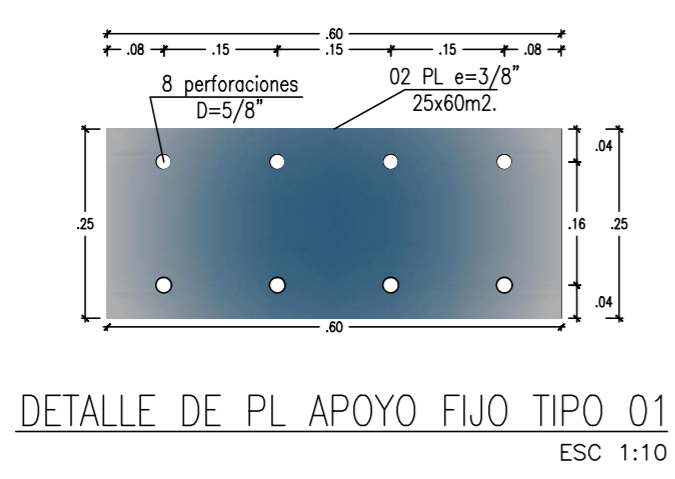
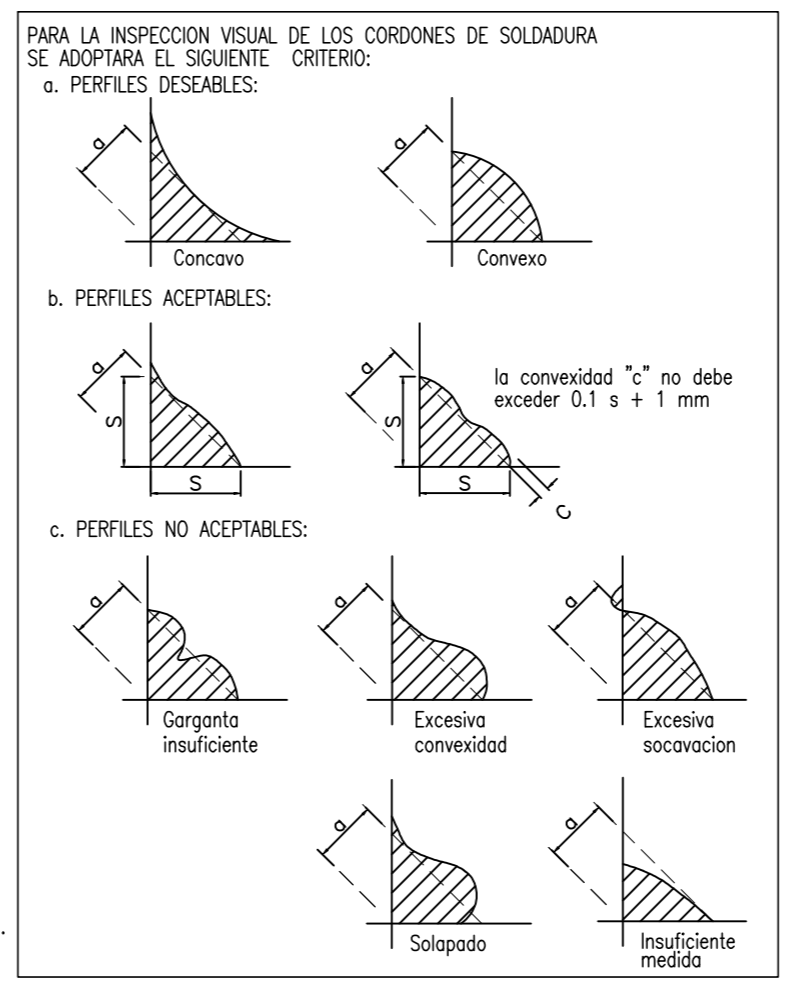
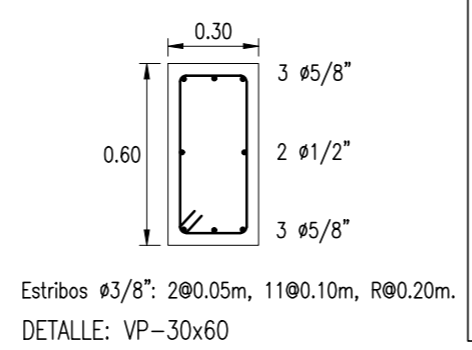
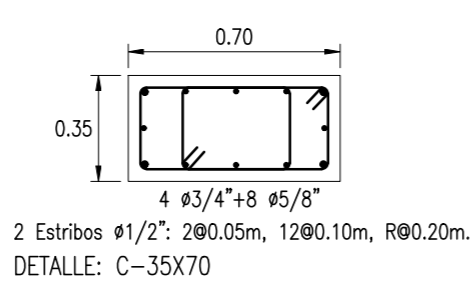
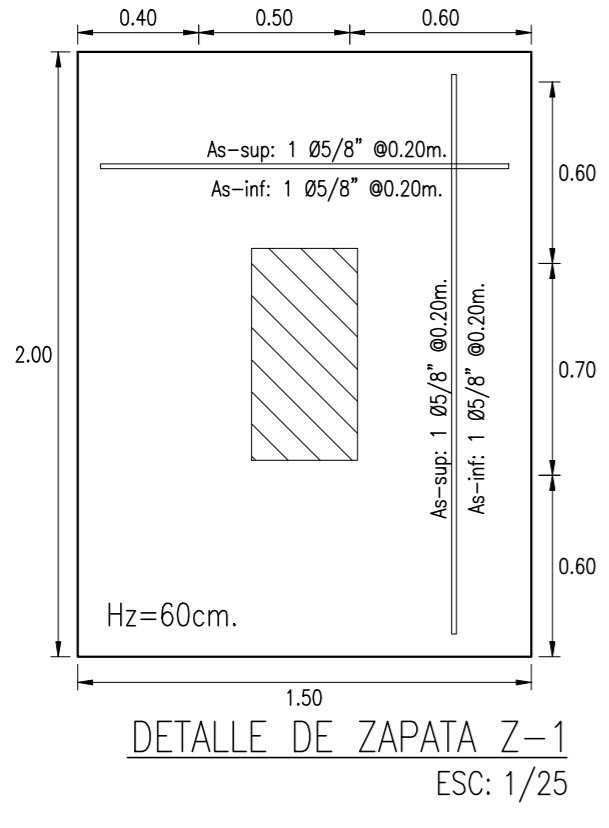
- LA SOLDADURA DE LAS UNIONES DEBERA DESARROLLAR LA CAPACIDAD EN TRACCION DE CADA ELEMENTO CONCURRENTRE Y DEBERA USARSE EL DIAMETRO (Ø) DE LA VARILLA DE SOLDADURA QUE SE ESPECIFICA EN LOS PLANOS.

- EL TRABAJO DE LA SOLDADURA DEBERA SER EFECTUADO POR ESPECIALISTAS CON EXPERIENCIA, PARA QUE EL CORDON DE COSTURA DE LA SOLDADURA SEA NORMAL Y EVITAR REQUEMADURAS EN LAS PARTES A SOLDARSE, EL ESPECIALISTA ANTES DE EFECTUAR EL TRABAJO DEBERA REVIZAR TODOS LOS ELEMENTOS CONFORMANTES REPASANDO CON ESCOBILLA DE ALAMBRE DE ACERO EN LAS ZONAS DE LAS PARTES A SOLDARSE Y DE ESTA MANERA EFECTUAR UNA UNION SOLDADA LIMPA.

- EL CONTRATISTA DE LA ESTRUCTURA DE ACERO DEBERA SOMETER AL PROYECTISTA PLANOS DE FABRICACION EN LOS QUE SE MUESTRE EN DETALLE LAS UNIONES SOLDADAS DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS IMPORTANTES QUE CONFORMA LA ESTRUCTURA DE ACERO.

- EL FABRICANTE DE LA ESTRUCTURA DE ACERO DEBERA PRESENTAR EN OBRA TODOS LOS EQUIPOS MECANICOS NECESARIOS PARA EFECTUAR EL MONTEAJE DE ACUERDO CON LAS NORMAS TECNICAS DE MONTEAJE, SEGURIDAD Y PREVISION

PROTECCION: LA ESTRUCTURA DE ACERO SE PROTEGERA CON PINTURA ANTICORROSIONA LA QUE CONSTARA DE LAS SIGUIENTES CAPAS:
 A) PREPARACION DE LA SUPERFICIE: NORMAS SSPC - SP3
 B) IMPRIMANTE
 C) ANTICORROSIONO EPOXICO DE ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS, 1 CAPA DE 4 MILS DE ESPESOR MIN. DE PELICULA SECA.



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO SIMPLE (CICLOPEO)
 CIMENTOS - SUBZAPATAS :
 f_c : 100kg/cm², MEZCLA CEMENTO/HORMIGON EN PROPORCION DE 1:10 + 30% DE PIEDRA GRANDE (MAXIMO Ø 6")

SOBRECIMENTOS:
 f_c : 175kg/cm², MEZCLA CEMENTO/HORMIGON EN PROPORCION SEGUN DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

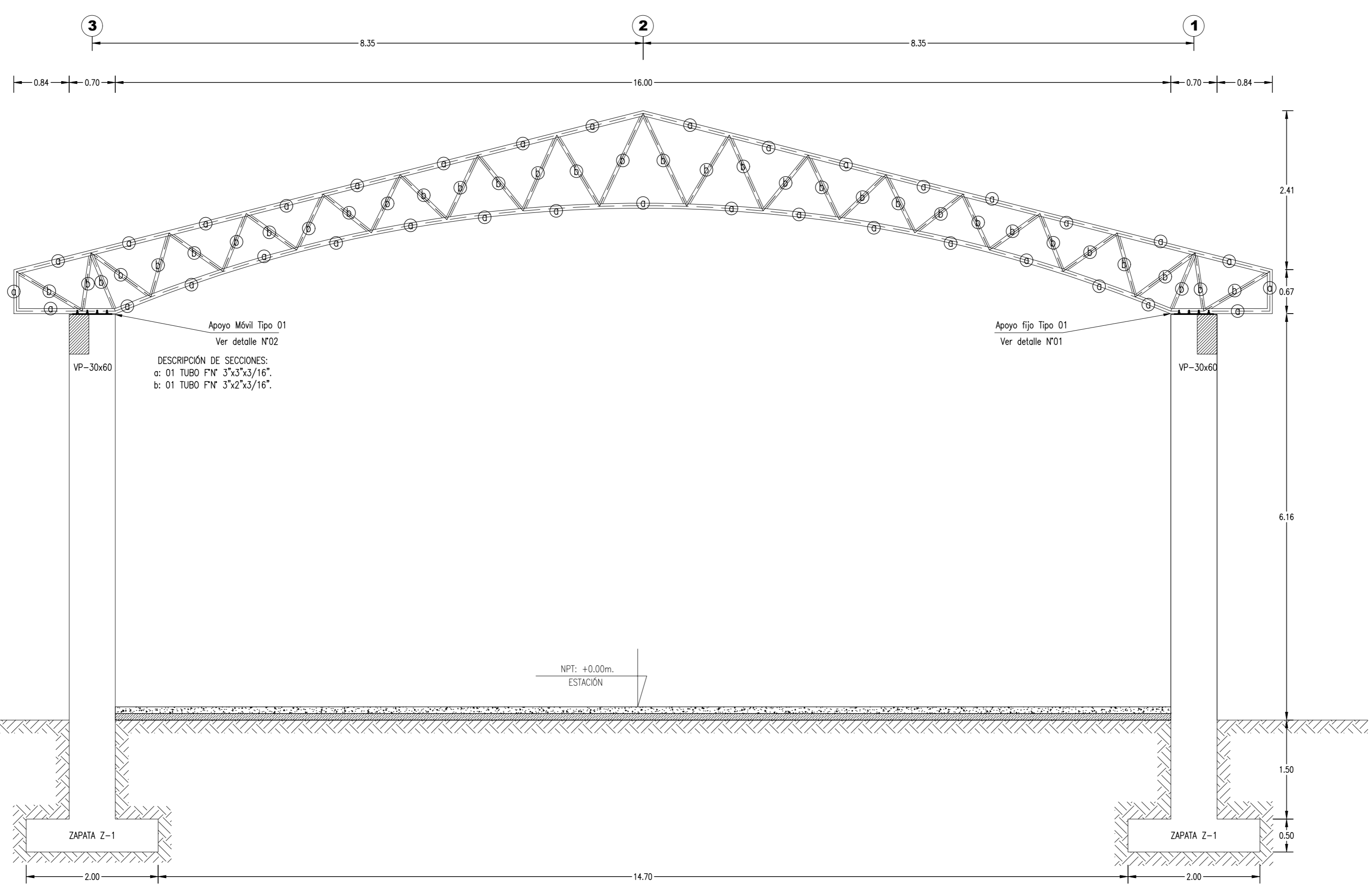
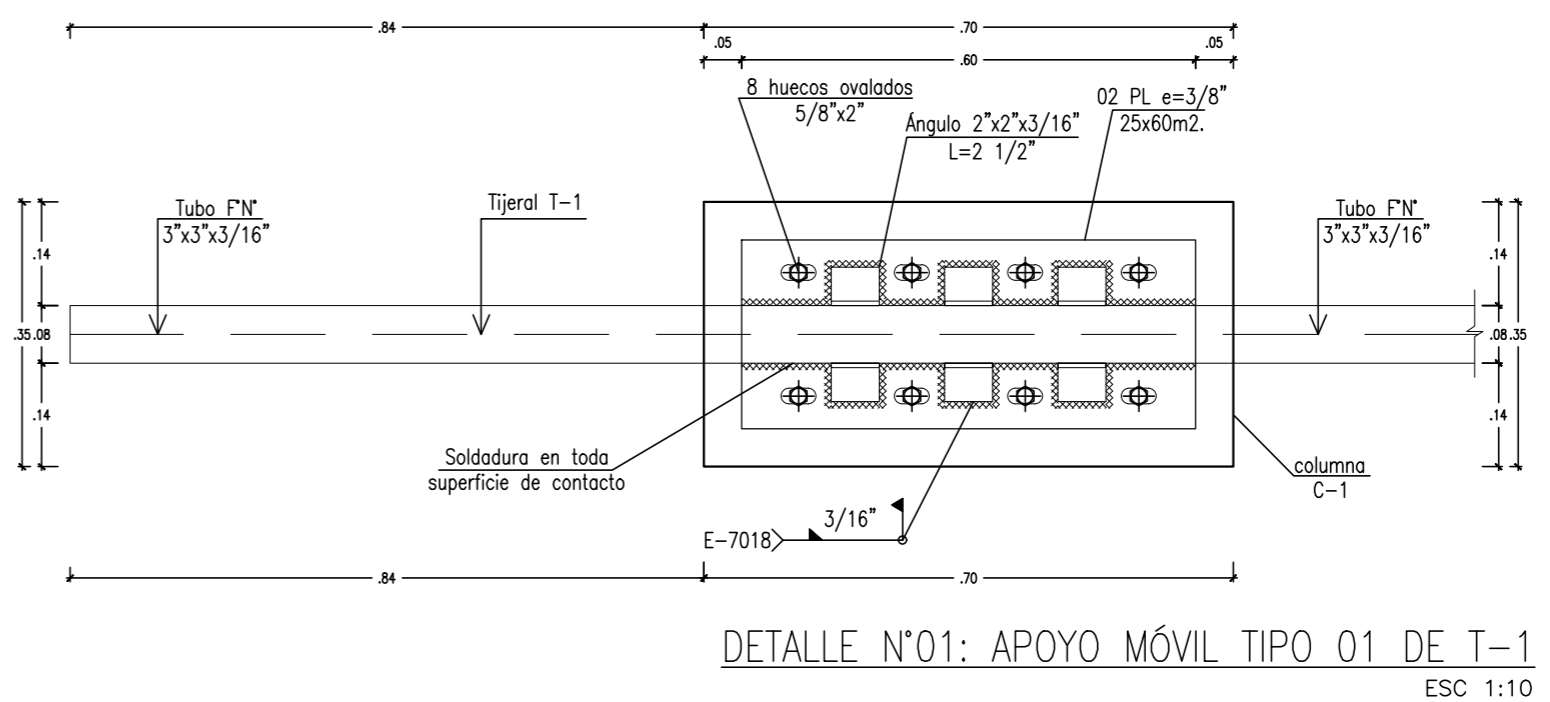
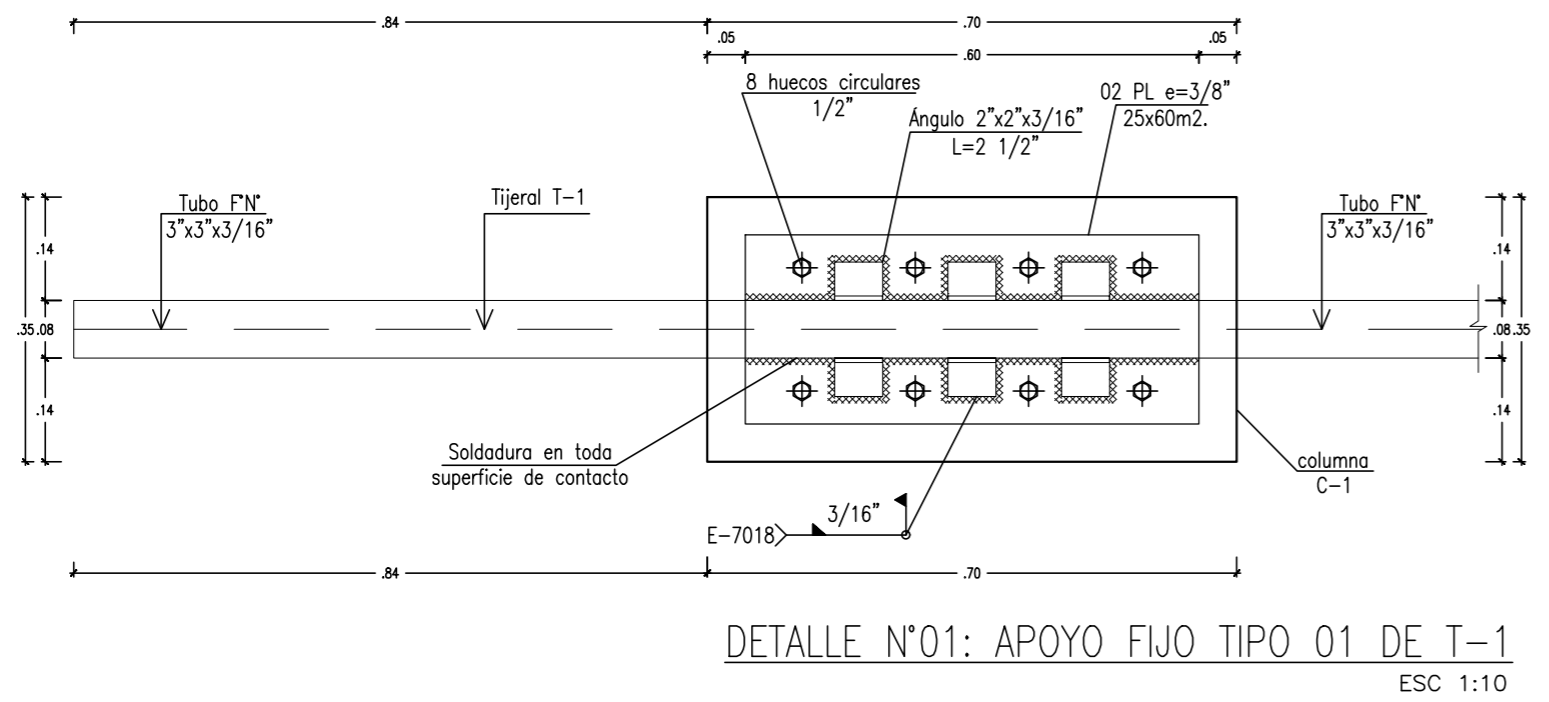
CONCRETO ARMADO
 ZAPATAS f_c : 210 Kg/cm²
 COLUMNAS f_c : 210 Kg/cm²
 ACERO f_y : 4200 Kg/cm²

SOBRECARGAS
 PATIO DE ESTACION : 400 Kg/m²

TERRENO - CAPACIDAD PORTANTE (SEGUN E.M.S.)
 PROFUNDIDAD DE CIMENTACION: Df: 1.50m
 TIPO DE SUELO : G.P.
 CAPACIDAD PORTANTE : q₁ : 2.50 Kg/cm² (SEGUN E.M.S.) NPT+0.00

RECUBRIMIENTOS
 ZAPATAS : 7.50 cm.
 VIGA CIMENTACION : 5.00 cm.
 SOBRECIMIENTO : 2.50 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS : 4.00 cm.
 ESCALERA Y LOSAS : 2.50 cm.

NOTAS GENERALES
 - Vaciar columnas amarradas a los muros en forma dentada.
 - Evitar empalmes y traslapes en zonas de máximo esfuerzo.
 - Curar concreto por vía húmeda.
 - Usar cemento tipo IP - suelo c/moderado índice de sulfatos



PROYECTO:
ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLE TELEFERICO EN EL DISTRITO DE SAN CRISTOBAL CALACOA - PROVINCIA DE MARISCAL NIETO

ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURAS

PLANO:
ESTRUCTURA METÁLICA - ESTACION A y B

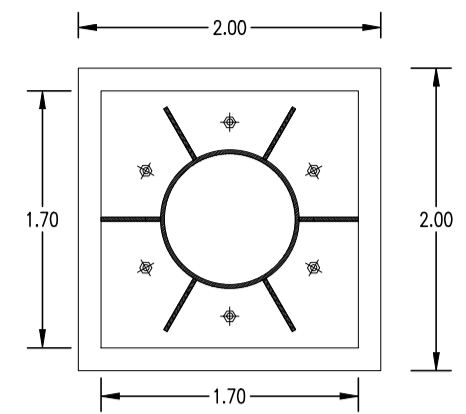
ESCALA: INDICADA **FECHA:** MARZO 2019

TESISTA:
 CLELIA FLOR DE MARÍA FERNÁNDEZ DÍAZ ZECUARRA
 CARLOS HERNÁN ALFREDO MACHACA BLANCO

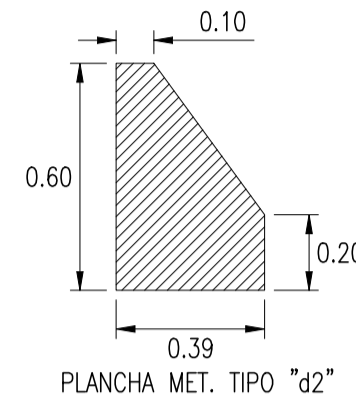
ASESOR DE TESIS:
 ING. JULIO CESAR CRUZ ESPINOZA

OBSERVACIONES:
 EL ROTULO DE LA PRESENTE TESIS UNIFORMIZADO

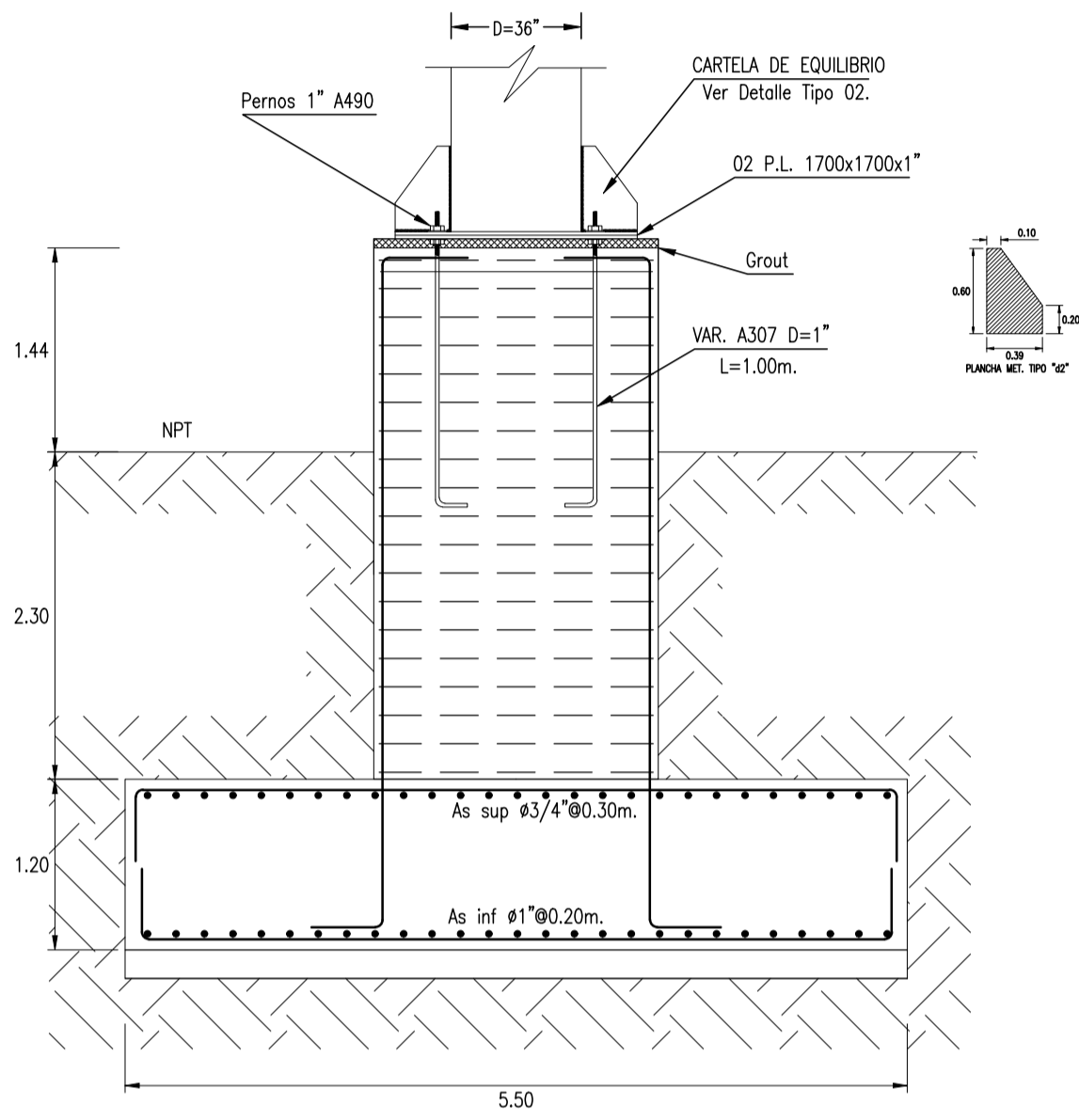
LÁMINA:



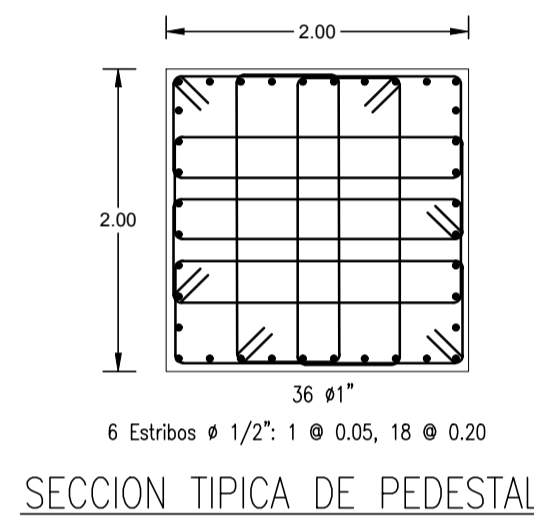
VISTA EN PLANTA DE PEDESTAL



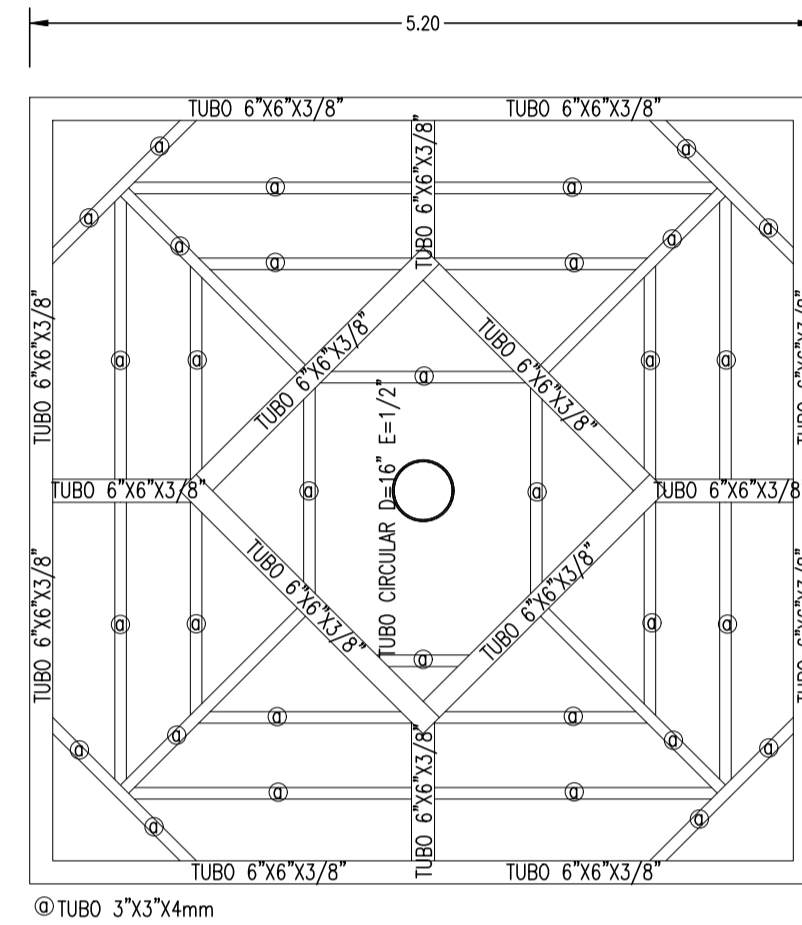
PLANCHA MET. TIPO "02"



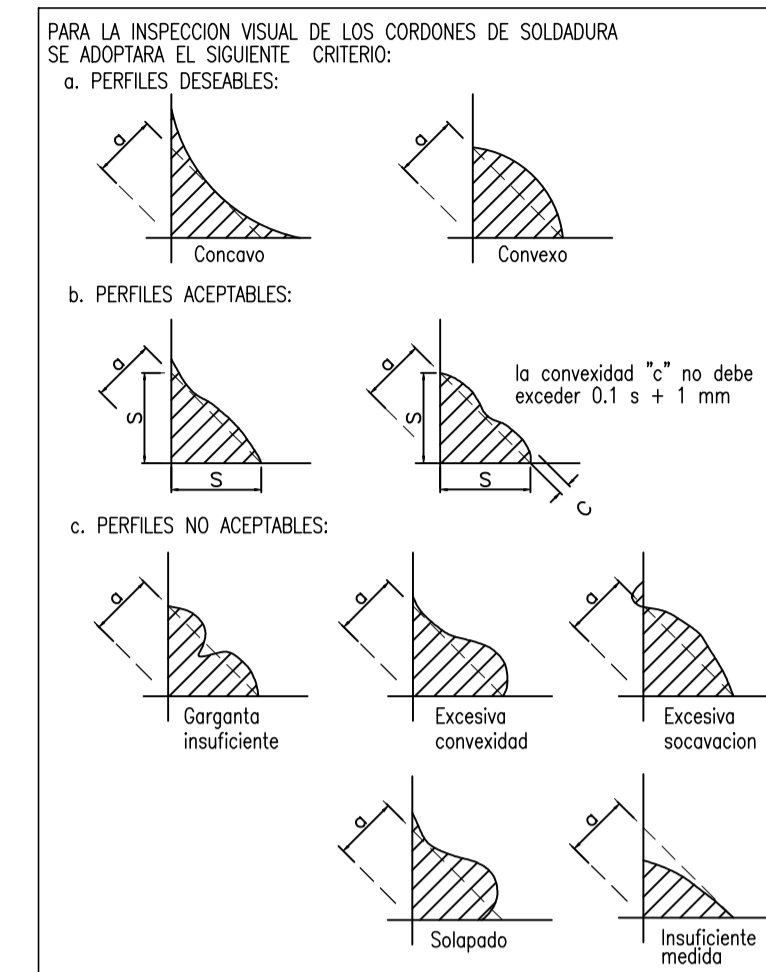
DETALLE TIPICO DE PEDESTALES DE APOYO DE TORRES
ESC: 1/50



SECCION TIPICA DE PEDESTAL



PLANTA TIPICA DE PLATAFORMA DE MANTENIMIENTO DE TORRES
ESC: 1/50



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
CONCRETO SIMPLE (CICLOPEO)	
CIMENTOS - SUBZAPATAS :	
f'c : 100kg/cm2, MEZCLA CEMENTO/HORMIGÓN EN PROPORCIÓN DE 1:10 + 30% DE PIEDRA GRANDE (MÁXIMO Ø 6")	
SOBRECIMENTOS:	
f'c : 175kg/cm2, MEZCLA CEMENTO/HORMIGÓN EN PROPORCIÓN SEGÚN DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.	
CONCRETO ARMADO	
ZAPATAS	f'c : 210 Kg/cm2
COLUMNAS	f'c : 210 Kg/cm2
ACERO	fy : 4200 Kg/cm2
SOBRECARGAS	
PATIO DE ESTACION	: 400 Kg/m2
TERRENO - CAPACIDAD PORTANTE (SEGÚN E.M.S.)	
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION:	Df: 1.50m
TIPO DE SUELO:	G.P.
CAPACIDAD PORTANTE:	σ'1 : 2.50 Kg/cm2 (SEGÚN E.M.S.) NPT+0.00
RECUBRIMIENTOS	
ZAPATAS	: 7.50 cm.
VIGA CIMENTACION	: 5.00 cm.
SOBRECIMIENTO	: 2.50 cm.
COLUMNAS Y VIGAS	: 4.00 cm.
ESCALERA Y LOSAS	: 2.50 cm.
NOTAS GENERALES	
- Vaciar columnas amarradas a los muros en forma dentada.	
- Evitar empujes y traspases en zonas de máximo esfuerzo.	
- Curar concreto por vía húmeda.	
- Usar cemento tipo IP - suelo c/moderado índice de sulfatos	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

NORMAS Y CODIGOS APLICABLES:

- MATERIALES : AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIAL - ASTM
- ACERO : AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION - AISC
- PINTURA : STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL - SSPC
- SOLDADURA : AMERICAN WELDING SOCIETY - AWS

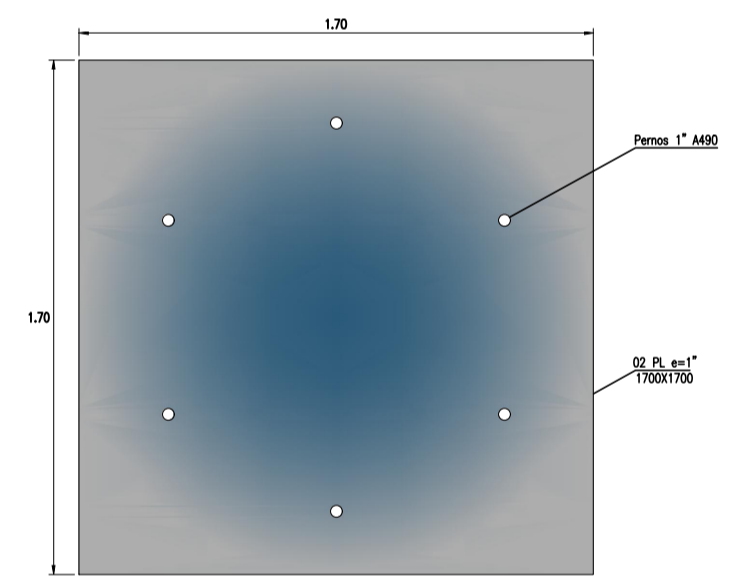
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA FABRICACION Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DE ACERO AISI-LERO 99 ÚLTIMA EDICIÓN:

- ACERO ESTRUCTURAL : ASTM A36 TUBOS RECTANGULARES
- : A-325 PERNOS DE ANCLAJE
- H A36 : ASTM A-36/A36M (1080-5620 kg/cm2)
- SOLDADURA : ELECTRODOS AWS-A 5.1 SERIE E - 70 XX (PARA ACERO AL CARBONO) EN CORONES CONTINUOS ALREDEDOR DE LAS UNIONES, SALVO INDICACION.

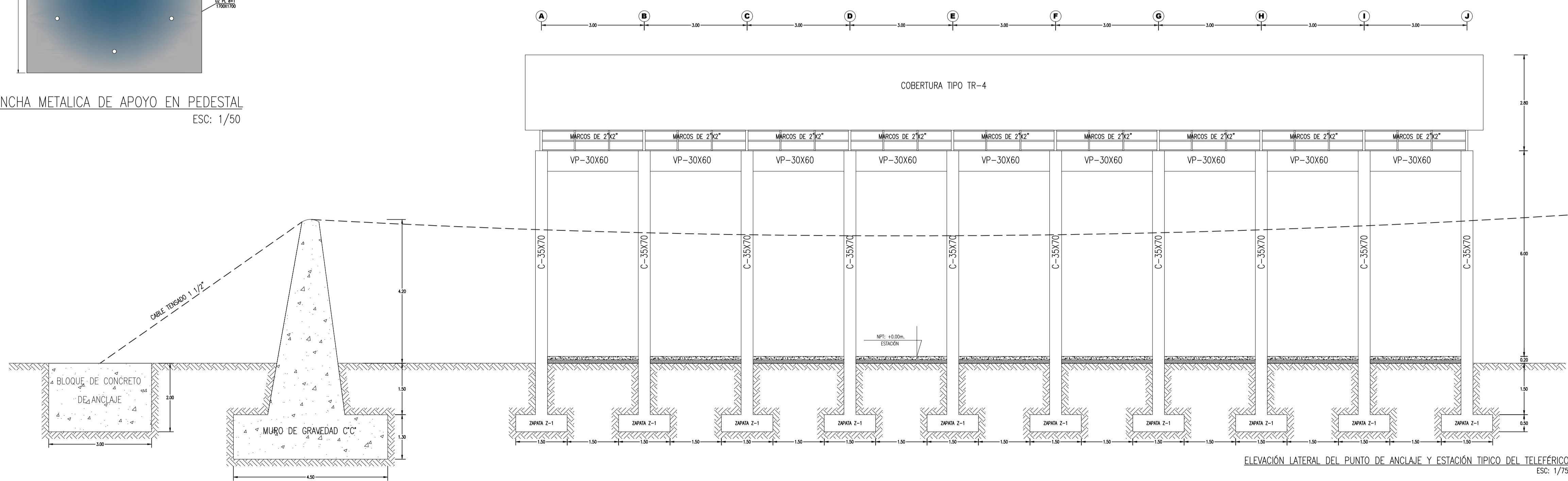
- LA CALIDAD Y TRABAJO DE LA SOLDADURA CONFORMARÁ CON EL CODIGO DE SOLDADURA AWS D1.0-89 DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA (AMERICAN WELDING SOCIETY).
- LA SOLDADURA DE LAS UNIONES DEBERÁ DESARROLLAR LA CAPACIDAD EN TRACCION DE CADA ELEMENTO CONCURRENTEMENTE Y DEBERÁ USARSE EL DIÁMETRO (Ø) DE LA VARILLA DE SOLDADURA QUE SE ESPECIFICA EN LOS PLANOS.
- EL TRABAJO DE LA SOLDADURA DEBERÁ SER EFECTUADO POR ESPECIALISTAS CON EXPERIENCIA, PARA QUE EL CORDON DE COSTURA DE LA SOLDADURA SEA NORMAL Y EVITAR REQUERIMIENTOS EN LAS PARTES A SOLDARSE, EL ESPECIALISTA ANTES DE EFECTUAR EL TRABAJO DEBERÁ REVIZAR TODOS LOS ELEMENTOS CONFORMANTES REPASANDO CON ESCOBILLA DE ALAMBRE DE ACERO EN LAS ZONAS DE LAS PARTES A SOLDARSE Y DE ESTA MANERA EFECTUAR UNA UNION SOLDADA LIMPIA.
- EL CONTRATISTA DE LA ESTRUCTURA DE ACERO DEBERÁ SOMETER AL PROYECTISTA PLANOS DE FABRICACION EN LOS QUE SE MUESTRE EN DETALLE, LAS UNIONES SOLDADAS DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS IMPORTANTES QUE CONFORMA LA ESTRUCTURA DE ACERO.
- EL FABRICANTE DE LA ESTRUCTURA DE ACERO DEBERÁ PRESENTAR EN OBRA TODOS LOS EQUIPOS MECANICOS NECESARIOS PARA EFECTUAR EL MONTAJE DE ACUERDO CON LAS NORMAS TECNICAS DE MONTAJE, SEGURIDAD Y PREVISION

PROTECCION: LA ESTRUCTURA DE ACERO SE PROTEGERÁ CON PINTURA ANTICORROSIONA LA QUE CONSTARÁ DE LAS SIGUIENTES CAPAS:

- PREPARACION DE LA SUPERFICIE: NORMAS SSPC - SP3
- IMPRIMANTE
- ANTICORROSIONO EPOXICO DE ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS, 1 CAPA DE 4 MILS DE ESPESOR MIN. DE PELICULA SECA.



PLANCHA METALICA DE APOYO EN PEDESTAL
ESC: 1/50



ELEVACION LATERAL DEL PUNTO DE ANCLAJE Y ESTACION TIPICO DEL TELEFERICO
ESC: 1/75

PROYECTO:
ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLE TELEFERICO EN EL DISTRITO DE SAN CRISTOBAL CALACOA - PROVINCIA DE MARISCAL NIETO

ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURAS

PLANO:
ESTRUCTURA METALICA - ESTACION Y TORRES DE SOPORTE

ESCALA:
INDICADA

FECHA:
MARZO 2019

TESISTA:
CIBELIA FLORES DE MARIA FERNANDEZ DAVILA ZEGARRA CARLOS HERNAN ALFREDO MACHUCA BLANCO

ASESOR DE TESIS:
ING. JULIO CESAR CRUZ ESPINOZA

OBSERVACIONES:
EL ROTULO DE LA PRESENTE TESIS UNIFORMIZADO

LÁMINA:

Apéndice E
Panel Fotográfico del viaje de investigación.



Figura 112. Fotografía 1. Viaje a Bolivia.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 113. Fotografía 2. Viaje a Bolivia.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 114. Fotografía 5. Viaje a Bolivia.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 115. Fotografía 7. Viaje a Bolivia.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 116. Fotografía 8. Viaje a Bolivia.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 117. Fotografía 9. Viaje a Bolivia.

Nota: Elaborado por el autor.

Apéndice 5
Panel Fotográfico de la zona de estudio.



Figura 118. Fotografía 1. Viaje a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 119. Fotografía 2. Viaje a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 120. Fotografía 3. Viaje a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.





Figura 121. Fotografía 4. Viaje a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 122. Fotografía 5. Viaje a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 123. Fotografía 6. Viaje a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 124. Fotografía 7. Viaje a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.



Figura 125. Fotografía 8. Viaje a San Cristóbal.

Nota: Elaborado por el autor.