



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

**TESINA PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ELECTRÓNICA.
OPCIÓN: EXPERIENCIA LABORAL**

TEMA:

**Manual técnico de seguimiento en la instalación de torre y elementos para
Radio Universitaria Terrestre de la UNICACH
en Tuxtla Gutiérrez Chiapas**

PRESENTA:

C. FRANCISCO JAVIER GUZMAN QUIZIHUITL

ASESOR:

M.I. TOVILLA HEREDIA RUBISEL

MARZO DE 2024.

Índice general

Índice

Índice general.....	1
Introducción	6
Objetivos	7
Capítulo 1. La UNICACH, impactando al estado de Chiapas.....	8
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Matricula actual	9
1.3 Entidades académicas y de investigación	10
1.4 Oferta Educativa	10
1.5 Necesidad de una radio universitaria	14
1.6 Licitación para la compra e instalación de la torre.	17
1.7 Especificaciones básicas generales	19
Capítulo 2. Fundamentos de los sistemas de comunicaciones	20
2.1 El transistor y sus contribuciones.....	20
2.2 Modulación de amplitud.....	22
2.2.1 La envolvente de AM	22
2.2.2 Espectro de frecuencias y ancho de banda de AM.	23
2.2.3 Sistema emisor de AM.....	25
2.2.4 Sistema receptor de AM	25
2.3 Modulación en frecuencia.....	26
2.3.1 FM en el dominio del tiempo.....	27
2.3.2 FM en dominio de la frecuencia	28
2.3.3 Ancho de Banda de una señal FM.	29
2.3.4 La banda de radio FM.....	30
2.3.5 Sistema emisor de FM.....	31
2.3.6 Sistema receptor de FM	32
2.4 Propagación terrestre de las ondas electromagnéticas.	33
2.4.2 Propagación de las ondas espaciales.....	35
2.4.3 Propagación por ondas celestes.....	37
2.5 Antenas	39
2.5.1 Características de las antenas	39

2.5.1.1 Patrón de radiación.....	39
2.5.6 Tipos de antenas de radio FM.....	41
Capítulo 3. Análisis de la Torre y Desarrollo del proyecto.	43
3.1 Tipos de torres.	43
3.1.1 Torres Auto soportadas.	44
3.1.2 Torres atirantadas o arriostradas.....	45
3.1.3 Torres monopolo.....	46
3.2 Fuerza del viento para estructuras arriostradas	47
3.2.1 Consideraciones principales de las normas mexicanas.....	47
3.2.2 Clasificación de la estructura según su importancia.....	49
3.2.3 Velocidad básica del viento	50
3.2.4 Categoría del terreno	50
3.2.5 Velocidad Regional	52
3.2.6 Mapas de Isotacas	52
3.3 Cargas	54
3.4 Fuerza actuante en estructuras.....	54
3.5 Normas estructurales de empresas dedicadas a las	56
telecomunicaciones.....	56
3.5.1 Normas American Tower Company.	56
3.5.2 Materiales.	58
3.6 Instrucciones técnicas generales de montaje.	60
Capítulo 4. Resultados de la Implementación del proyecto en la UNICACH	64
4.1 Estudio Técnico.....	64
4.1.1 Levantamiento de datos para la instalación de la torre en la radio.	64
4.1.2 Plano arquitectónico de ubicación	66
4.2 Análisis técnico previo.....	67
4.3 Presupuesto inicial.....	72
4.4 Generador de Obra	74
4.5 Obra civil Base torre y especificaciones.	75
4.6 Notas Técnicas destacadas	81
4.7 Advertencia.....	82
4.8 Recomendaciones de instalación Syscom	83

4.9 Plano arquitectónico de la torre.....	87
Capítulo 5 Resultados	89
5.1 Detalle del dado en azotea.....	89
5.2 Detalle de anclas	90
5.3 Detalle torre con pintura de normativa	91
Conclusiones.....	92
Bibliografía.....	94
ANEXOS	96

Índice de Figuras

Figura 1 Rectoría en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México	8
Figura 2 Mapa ubicación de la radio universitaria en Tuxtla Gutiérrez	14
Figura 3 Mapa de ubicación de radio universitaria dentro de Ciudad Universitaria UNICACH	15
Figura 4 Esquema básico de Torre de Telecomunicaciones.....	19
Figura 5 Circuito electrónico del transistor a) Tipo NPN, b) Tipo PNP	21
Figura 6 Modulación de AM	23
Figura 7 Espectro de frecuencia para AM	24
Figura 8 Transmisor de AM	25
Figura 9 Receptor AM.....	25
Figura 10 FM en el dominio del tiempo. a) señal moduladora, b) señal portadora c) señal FM	27
Figura 11 funciones de Bessel para determinar el ancho de banda de una señal FM.....	28
Figura 12 Espectro FM con frecuencia moduladora constante.	29
Figura 13 Ancho de banda BW de la señal FM.....	29
Figura 14 Ancho de banda para una estación de radio FM	30
Figura 15 La banda de radio AM y FM	30
Figura 16 Sistema emisor de FM.....	31
Figura 17 Multiplexor estéreo.....	31
Figura 18 Sistema receptor de FM	32
Figura 19 Decodificador estéreo	32
Figura 20 ilustra los modos normales de propagación entre dos antenas de radio.....	33

Figura 21 Propagación de ondas terrestres	34
Figura 22 Ondas espaciales y horizontes de radio	35
Figura 23 Propagación por conductos atmosféricos.....	36
Figura 24 Capas ionosféricas	38
Figura 25 Gráficas de radiación de un dipolo de media onda: (a) vista vertical (lateral) de un dipolo montado verticalmente; (b) vista del corte transversal; (c) vista horizontal (superior).....	39
Figura 26 Antena de un dipolo de media	41
Figura 27 Antena Yagi.....	42
Figura 28 Torre Auto Soportada.....	44
Figura 29 Torre Arriostrada.....	45
Figura 30 Torre Monopolo	46
Figura 31 Procedimiento sugerido por el manual para diseño por viento de la CFE	48
Figura 32 Mapas de isotacas CFE.....	53
Figura 33 Ejemplo de Torre Arriostrada.....	60
Figura 34 Ejemplo de dado base de torre	61
Figura 35 Ejemplo de dado para anclas	61
Figura 36 Montaje de torre	63
Figura 37 Terreno de UNICACH aún sin construcción	65
Figura 38. Plano de ubicación de la Radio UNICACH.....	66
Figura 39. Mapa para recomendación de galvanizado en caliente.....	68
Figura 40. Plano arquitectónico 1 de dimensiones de la Radio UNICACH	69
Figura 41. Plano arquitectónico 2 de dimensiones de la Radio UNICACH	70
Figura 42. Propuesta gráfica detallada de Torre de 30mts.....	71
Figura 43. Presupuesto inicial para proyecto de torre.....	73
Figura 44. Base de torre	76
Figura 45. Ancla de acero inoxidable en "L"	76
Figura 46. Detalle de dado, base de torre y Ancla en "L"	77
Figura 47. Ancla para Retenida de torre de 30mts	78
Figura 48. Detalle Ancla de piso para Retenida de torre.....	78
Figura 49. Tramo torre STZ-30.....	79
Figura 50. Tramo de Remate	80
Figura 51. Recomendaciones 1 instalación Syscom	82
Figura 52. Recomendaciones 2 instalación Syscom	83

Figura 53. Recomendaciones 3 instalación Syscom	84
Figura 54. Recomendaciones 4 instalación Syscom	85
Figura 55. Recomendaciones 5 instalación Syscom	86
Figura 56. Recomendaciones 6 instalación Syscom	86
Figura 57. Plano arquitectónico de la torre vista desde arriba	87
Figura 58. Plano arquitectónico de la torre vista lateral	88
Figura 59 Detalle del dado de azotea.....	89
Figura 60 Detalle del dado y en el círculo el ancla número 1	89
Figura 61 Detalle 1 de ancla número 2	90
Figura 62 Detalle 2 de ancla número 3	90
Figura 63 Detalle 3 de colores oficiales en torre y edificio terminado	91
Figura 64 Detalle 4 aspecto final	91

Índice de Tablas

Tabla 1 Lista de requerimientos básicos del proyecto.....	19
Tabla 2 Tabla de clasificaciones topográficas.	51
Tabla 3 Levantamiento de Datos.....	64
Tabla 4 Coordenadas geográficas.	65
Tabla 5 Desglose peso total de Torre y accesorios	74
Tabla 6 Recomendaciones de Syscom en resistencia y tipo de concreto	75

Introducción

Hoy en día las Telecomunicaciones son parte fundamental en la transmisión de información del hombre a grandes distancias y con esto lograr sus objetivos de comunicación. Las distintas necesidades de comunicarse han hecho que el hombre busque también distintas técnicas y tecnologías que apoyen a la mejora en la calidad de éstas y así asegurar el contenido del mensaje, debido a la importancia que éste lo requiere.

Estas nuevas tecnologías adquieren gran importancia de acuerdo con su uso y aplicación diaria y han hecho que el hombre siga buscando aún nuevas formas de mejora continua tanto en técnicas como en tecnologías emergentes. La utilidad de estas incluye aplicaciones como son: la radio, televisión, telefonía móvil, comunicación de datos, redes o internet.

El presente trabajo se enfoca en la presentación de un manual o instructivo de la implementación de una parte de las Radiocomunicaciones terrestres, que se realizó por parte de la empresa SUNSOFT Telecomunicaciones de Puebla, esto en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) en donde se hizo el análisis, implementación e instalación de una torre de telecomunicaciones, una escalerilla de cableado de la torre hacia cuarto de telecomunicaciones, una antena de 4 elementos para transmisión de radio universitaria y una tierra física.

De acuerdo con los requerimientos por la UNICACH se da a conocer la marca del equipamiento que utilizó SUNSOFT telecomunicaciones de Puebla.

En el desarrollo de la propuesta de tesina con 5 capítulos se presentan los antecedentes teóricos de las comunicaciones analógicas, el análisis de los requisitos que se deben cumplir para la instalación de la torre de telecomunicaciones, el desarrollo de la implementación del proyecto en específico, los resultados obtenidos y las conclusiones del mismo de acuerdo con el funcionamiento.

Objetivos

Objetivo general.

Realizar el manual o reporte técnico de seguimiento para la instalación de la torre de la Radio Universitaria de la UNICACH en Tuxtla Gutiérrez Chiapas, en las etapas de: estudio de análisis de cumplimiento, instalación y entrega de la torre de telecomunicaciones.

Objetivos específicos.

- Analizar las especificaciones emitidas por la UNICACH, para obtener la asignación correspondiente para el desarrollo del proyecto.
- Identificación de los requisitos establecidos para el desarrollo del proyecto, tales como reconocimiento del área, levantamiento, diseño del plano de distribución, viabilidad del proyecto e implementación del mismo.
- Llevar a cabo la instalación de la torre de telecomunicaciones, escalerilla de cableado de la torre hacia el cuarto de telecomunicaciones, instalación de una antena de 4 elementos para transmisión de Radio y tierra física.
- Puesta en marcha y verificación de funcionamiento del proyecto para concluir con la entrega del proyecto.

Capítulo 1. La UNICACH, impactando al estado de Chiapas.

De acuerdo a; (colaboradores de Wikipedia, 2024b), “La Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), es una Universidad pública estatal localizada en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en Chiapas, México; ver figura 1. Dispone de entidades académicas y de investigación en el Campus Central (Ciudad Universitaria), el Campus Universitario y la Facultad de Música en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, el Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas y las Subsedes en los municipios de Acapetahua, Venustiano Carranza, Villa Corzo, Motozintla, Palenque, Huixtla, Ocosingo, Chiapa de Corzo, Tonalá y Reforma. Su lema es” “Por la cultura de mi raza”, y su actual Rector es el Mtro. Juan José Solórzano Marcial 2022-2024”



Figura 1 Rectoría en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

1.1 Antecedentes

“Se fundó el 15 de mayo de 1944, he inició como el Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas (ICACH); su primer director y fundador fue el Ing. Ángel Mario Corzo Gutiérrez”. “En agosto de 1981, el ICACH asumió la función de Instituto de Educación Superior como organismo descentralizado de la Secretaría de Educación Pública del Estado, Sin embargo, no inicio actividades hasta febrero de 1982. El comité interdisciplinario recomendó inmediatamente la creación de la educación en ingeniería topográfica, y en septiembre de ese mismo año, aprobada la promoción

de esta ingeniería y de las carreras de Odontología, Psicología, Biología y Nutrición”, (*Facebook*, s. f.).

“En 1989, por aprobación del gobernador Patrocinio González Garrido, la institución fusionó la carrera de artes con las escuelas de Música, de Danza, Artes Plásticas y Artes Escénicas.

En 1995 la Universidad creó el Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica (CESMECA), el mismo año que fue elevada al rango de Universidad por el Gobernador del estado Lic. Eduardo Robledo Rincón.

“En 1996 se instalaron la Licenciatura en Música y la Maestría en Psicología Social”. “En 1998 el gobernador Roberto Albores Guillén inauguró el Centro Universitario de Información y Documentación (CUID)”, (colaboradores de Wikipedia, 2024).

El 24 de marzo del año 2000 adquirió su autonomía y modificó su Ley Orgánica y su marco jurídico, además de la creación de las licenciaturas en Historia y Comercio Exterior y las carreras de técnico superior universitario.

Actualmente es considerada, como la segunda casa de estudios del estado de Chiapas, después de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH)”.

1.2 Matricula actual

“Según en el ranking **4ICU 2022**, (4 International Colleges & Universites), también conocido como 4ICU.org, es una plataforma online que se encarga de medir la popularidad online de más de 13,600 universidades en más de 200 países, y por supuesto que nuestro país está incluido en esa lista., la UNICACH ocupa el lugar 71 entre las mejores universidades a nivel nacional y el 2° a nivel estatal. Actualmente su matrícula 2022 es de más de 7,500 estudiantes y con 30 licenciaturas e ingenierías”, (*UNICACH - MEXtudia*, 2022),

1.3 Entidades académicas y de investigación

“A continuación, se presenta una lista de facultades, Institutos y centros de investigación y oferta académica de la UNICACH.

Facultades

- Facultad de Ingeniería
- Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos
- Facultad de Humanidades
- Facultad de Artes
- Facultad de Música
- Facultad de Ciencias Administrativas y Tecnologías Digitales
- Facultad de Ciencias Odontológicas y Salud Pública
- Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

Institutos y Centros de Investigación:

- Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables
- Instituto de Ciencias Biológicas
- Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático
- Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica

1.4 Oferta Educativa

La Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas oferta de manera regular 32 programas educativos a nivel Licenciatura, una Especialidad, 17 Maestrías y 6 Doctorados, en sus diferentes unidades académicas y de investigación.

Facultad de Ingeniería

- Licenciatura en Ingeniería Agroforestal
- Licenciatura en Ingeniería Ambiental
- Licenciatura en Ingeniería en Seguridad Industrial y Ecología
- Licenciatura en Ingeniería Geomática
- Licenciatura en Ingeniería Topográfica e Hidrología,

- Maestría en Ciencias Agroforestales
- Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos

Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos

- Licenciatura en Ingeniería en Agro alimentos
- Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos
- Licenciatura en Gastronomía
- Licenciatura en Nutriología
- Maestría en Nutrición y Alimentación Sustentable

Facultad de Humanidades

- Licenciatura en Arqueología
- Licenciatura en Historia
- Licenciatura en Lenguas con Enfoque Turístico
- Licenciatura en Lenguas Internacionales
- Maestría en Lenguas Extranjeras
- Maestría en Historia
- Maestría en Tecnología Educativa
- Doctorado en Ciencias Históricas

Facultad de Artes

- Licenciatura en Artes Visuales
- Licenciatura en Gestión y Promoción de las Artes

Facultad de Música

- Licenciatura en Jazz y Música Popular
- Licenciatura en Música
- Maestría en Música.” (colaboradores de Wikipedia, 2024a).

“Facultad de Ciencias Administrativas y Tecnologías Digitales

- Licenciatura en Ciencias Políticas y Administración Pública
- Licenciatura en Comercio Exterior
- Licenciatura en Gestión y Desarrollo de Negocios
- Licenciatura en Marketing Digital
- Licenciatura en Sistemas de Información Administrativa
- Licenciatura en Turismo Sustentable
- Maestría en Innovación y Competitividad

Facultad de Ciencias Odontológicas y Salud Pública

- Licenciatura en Cirujano-Dentista
- Licenciatura en Enfermería
- Licenciatura en Fisioterapia
- Especialidad en Endodoncia
- Maestría en Salud Pública y Sustentabilidad

Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

- Licenciatura en Desarrollo Humano
- Licenciatura en Psicología
- Maestría en Psicología
- Maestría en Estudios Psicosociales
- Doctorado en Psicología

Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables

- Licenciatura en Ingeniería en Energías Renovables
- Maestría en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables
- Doctorado en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables”,
(colaboradores de Wikipedia, 2024a).

“Instituto de Ciencias Biológicas

- Licenciatura en Biología
- Licenciatura en Biología Marina y Manejo Integral de Cuencas
- Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales
- Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales
- Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales

Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático

- Licenciatura en Ciencias de la Tierra
- Maestría en Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica

- Maestría en Ciencias Sociales y Humanísticas
- Maestría en Estudios e Intervención Feministas
- Doctorado en Ciencias Sociales y Humanísticas.”

(colaboradores de Wikipedia, 2024a).

1.5 Necesidad de una radio universitaria

Con la necesidad de impactar en la sociedad chiapaneca en la región geográfica de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, la UNICACH considera que las estaciones de radio en las universidades se crean con objetivos distintos a las radios comerciales. Fomentar la cultura, promover la educación, promover las actividades universitarias, principalmente en la difusión y divulgación de las ciencias y las artes en el estado.

UNICACH FM está ubicada en Caleras Maciel, 29000 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, como se muestra en figura 2.

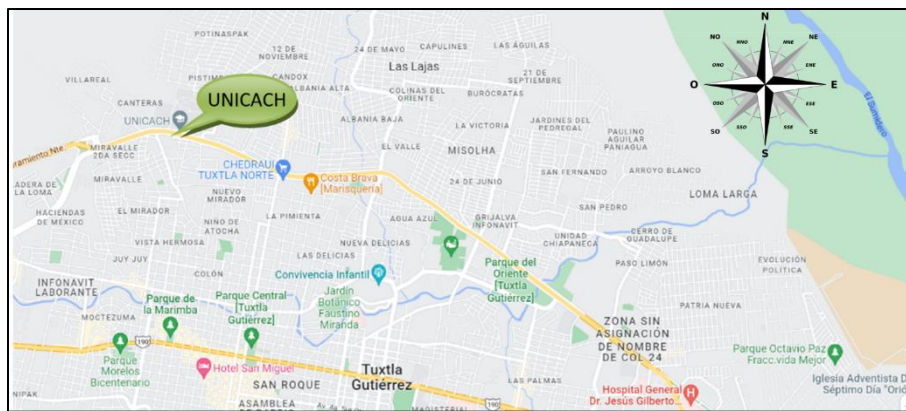


Figura 2 Mapa ubicación de la radio universitaria en Tuxtla Gutiérrez



Figura 3 Mapa de ubicación de radio universitaria dentro de Ciudad Universitaria UNICACH

- “Según la figura 3 se ubica en el Edificio 19, Ciudad Universitaria UNICACH. Libramiento Nte-Pte 1150 Col. Lajas Maciel, C.P. 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chis. México.
- Tel: (961) 6170440, Ext 4334 o 4333. Teléfonos en Cabina: 961 6181872 y 961 1256658. WhatsApp: 961 28 41398,” (www.radio.unicach.mx).
- E-mail: unicachfm@unicach.mx.

“UnicachFM se encuentra en el régimen de concesión de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, otorgada a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas el 02 de octubre del 2012.

“Se suma al espectro de transmisión en Chiapas con un período de prueba que, a partir del 28 de enero de 2013, ofreciendo un programa musical de 8 horas, que refleja los principales acontecimientos culturales y educativos de la universidad. Inició como una emisora universitaria el 02 de septiembre del 2013, con una programación experimental, música, 17 programas producidos en la emisora, 5 programas de universidades hermanas y 4 programas de la sociedad civil”, (*Listen To Radio Universidad 102.5 Unicach FM*, s. f.).

A 10 años de transmisión oficial, UnicachFM se consolida.

“La Radio Universitaria produce semanalmente 44 programas universitarios de la UNICACH. 17 programas externos. 28 programas nacionales, haciendo un total de 89 programas semanales y con 78 horas de música semanal. Todos los programas corresponden al carácter multiculturales del estado.

La Radio de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas UnicachFM, firmó un contrato de Transmisión de Contenidos con las Naciones Unidas (ONU), el 28 de junio de 2019, representada por el Departamento de Comunicación Global.

El organismo intergubernamental decidió aliarse con UnicachFM para brindar a la comunidad chiapaneca información sobre las noticias y productos multimedia de las Naciones Unidas (ONU), y sus 193 estados miembros, así como información sobre temas de actualidad internacional.

Cada año realiza más de 58 transmisiones en vivo desde diversos lugares dentro y fuera de ella, como San Cristóbal de las Casas, Chiapa de Corzo, el Campus y desde diversas unidades académicas de la UNICACH.

Transmite 24 hrs todos los días, los 365 días del año, admite en las instalaciones aproximadamente 150 invitados, entre estudiantes, profesores, artistas locales e invitados especiales mensualmente.

El Programa Radio Cultural, organiza cada año 5 conciertos de arte-musical en el teatro universitario, los cuales son transmitidos en vivo por la frecuencia 102.5 FM y simultáneamente por Facebook Live, llegando a 11 mil personas.

UnicachFM forma parte de la historia de Chiapas al ser, la primera y única Radio Universitaria de Chiapas con frecuencia asignada, 102.5 FM”, (*Listen To Radio Universidad 102.5 Unicach FM*, s. f.).

1.6 Licitación para la compra e instalación de la torre.

Para poder comprender sobre licitaciones según (Vise, s. f.); una licitación es un aviso público que tanto empresas como dependencias gubernamentales lanzan para convenir un servicio o la proveeduría de insumos, y entre varios candidatos, seleccionar al que creen que ofrece la mejor oferta financiera, logística y legal.

Por lo tanto, esta modalidad de contratación funciona tanto en el sector público, como en el privado y ambos procedimientos cuentan con los siguientes pasos:

- “Convocatoria. En esta fase se publica el concurso, con los requisitos a detalle para la licitación y participar en ella. A veces tiene un costo, para tener acceso a esta información.
- Postulación. Las compañías mandan sus ofertas con los papeles solicitados, oferta técnica y financieras con la debida seguridad para evitar conflictuar en sus intereses y garantizar la integridad de la convocatoria.
En muchos casos es necesario especificar el costo unitario de los materiales y mano de obra.

Los expertos en el sector de la construcción observan que los participantes deben saber que la oferta más baja no siempre es la más viable, porque esta se usa de base para elevar el importe del contrato.” (Vise, s. f.).

- “**Deliberación**. Los organizadores estudian las ofertas.
- **Fallo**. El ente privado o de gobierno que realiza la convocatoria notifica al vencedor y firma el contrato.

También importa conocer la existencia de otras clases de las licitaciones (**una es llamada como la privada**), que consta en convocar sólo a ciertas compañías que deben estar acreditadas y obtener precios competitivos seguros. Además, existe

otra clase llamada **licitación por invitación**. Participan sólo las compañías a las que el convocante les extiende la invitación, aunque esto no le exime de ofrecer los servicios o insumos con la calidad requerida”, (Vise, s. f.).

“En nuestro país, las adquisiciones organizadas por agencias gubernamentales u organismos públicos, se basan en la plataforma CompraNet, que data de 1996 y permite revisar las solicitudes, incluyendo algunos criterios, y presentar propuestas”, (Compranet, s. f.).

De acuerdo con lo anterior, a inicios del mes de diciembre del 2010, la UNICACH invita por medio de correo electrónico del Mtro. Abenamar Abarca, a SUNSOFT, y a su vez éste envía una propuesta para la Universidad sin saber aún del proyecto completo.

Para esto fue necesario saber más de los detalles por lo que fue necesaria la comunicación directa, y saber más a fondo sobre el proyecto, normalmente en el área de telecomunicaciones se conoce a muchas personas de forma multidisciplinaria y con anterioridad se conocía a él Mtro. Abenamar Abarca.

Después de varias juntas, el proyecto **fue por adjudicación directa** con el apoyo del Mtro. Abenamar Abarca quién es ahora Responsable Técnico de la Radio UNICACH; y así mismo él facilitó la lista de especificaciones que más adelante se muestra en las especificaciones básicas generales.

1.7 Especificaciones básicas generales

De acuerdo con las especificaciones establecidas por la UNICACH, Los requisitos que se deben de cumplir se indican en la tabla 1, donde se muestra la lista de requerimientos básicos del proyecto, así se muestra en la figura 4 el esquema básico de una torre de telecomunicaciones como el tema principal.

Cantidad	Descripción	Notas
1	Torre arriostrada de telecomunicaciones de 30mts	Figura 4, 42. ANEXO 2
1	Tierra física	Figura 42, (SYSCOM, s.f.).
1	Escalerilla de torre a cuarto de comunicaciones	Figura 42, ANEXO 3
1	Antena de 4 elementos	Figura 42, (Jampro.com)

Tabla 1 Lista de requerimientos básicos del proyecto.

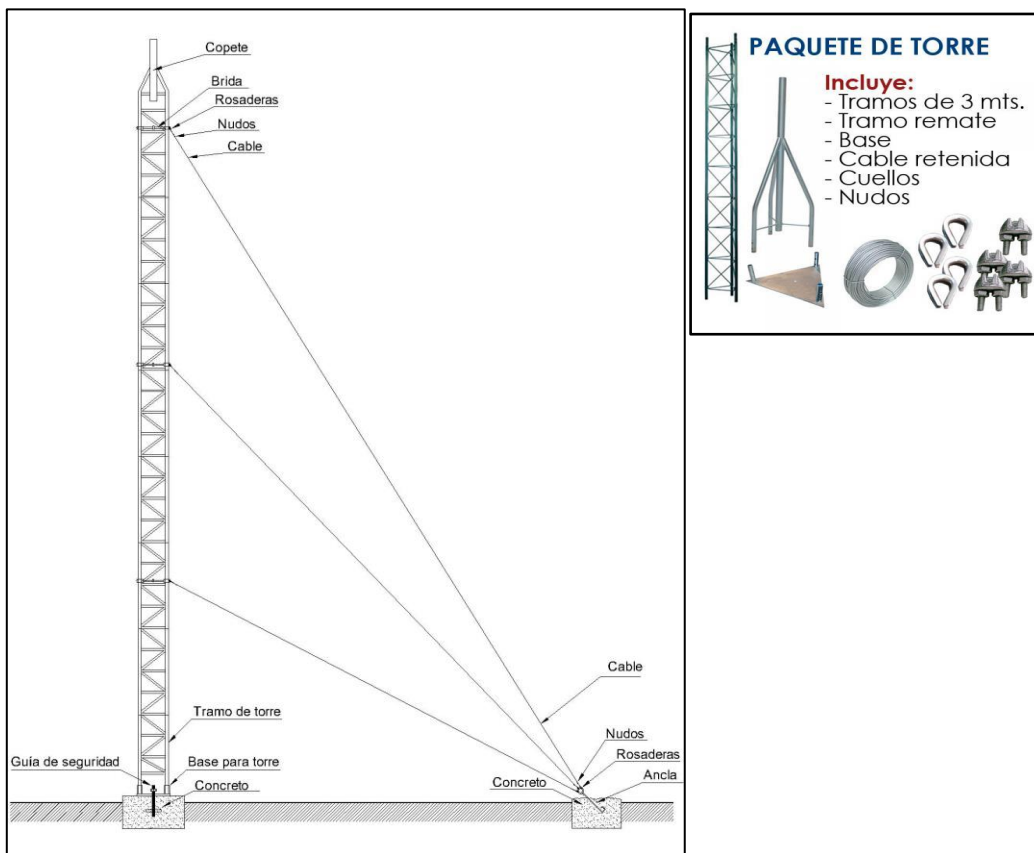


Figura 4 Esquema básico de Torre de Telecomunicaciones

Capítulo 2. Fundamentos de los sistemas de comunicaciones

2.1 El transistor y sus contribuciones

“En un inicio, de acuerdo a la importancia y evolución de las comunicaciones; en específico de las radiocomunicaciones en nuestro mundo, ha caminado a la par de la electrónica, a partir de la revolución industrial con la necesidad de comunicarse a largas distancias surgen los grandes avances en la electricidad y el magnetismo, inventar el telégrafo, el micrófono y llega a inventar el primer teléfono con capacidad de transmisión y recepción de voz humana por cables y después por ondas electromagnéticas mediante una antena direccional y así un aparato de radio”, (Santamaria, s. f.),

Con seguridad el bulbo fue entre 1904 y 1947, el componente electrónico más popular y de mayor crecimiento.

En 1904 el diodo de bulbo fue inventado por J. A. Lee De Forest después en 1906, añadió un tercer elemento al diodo al vacío, nombrado rejilla de control, esto dejó el triodo como resultado y de su tipo el primer amplificador.

“En posteriores años, la industria de los bulbos fue impulsada con un incremento en su producción por la radio y la televisión, con casi un millón de bulbos en 1922, hasta cerca de cien millones en 1937. Así el tubo de vacío de cuatro y cinco elementos tuvo importancia en la industria de los tubos electrónicos al vacío, en la década de 1930.

Después, se transformó en una de las compañías más valiosas a medida que el diseño se desarrollaba rápidamente en su producción tecnológica en aplicaciones de gran escala. No obstante, en diciembre de 1947 apareció una nueva área de interés y desarrollo en la industria electrónica, cuando en la compañía Bell Telephone Laboratories, W. H. Brattain y J. Bardeen demostraron la acción amplificadora del primer transistor”, (Santamaria, s. f.).

La capacidad de este dispositivo de estado sólido de tres terminales respecto al bulbo era obvia: era más pequeño y liviano, no requería calefacción o refrigeración, era duradero y más eficiente porque el mismo dispositivo consumía menos energía, no necesitaba de un periodo de calentamiento y era posible reducir el voltaje de trabajo,

El transistor original (un transistor de punto de contacto) se muestra en la figura 5.

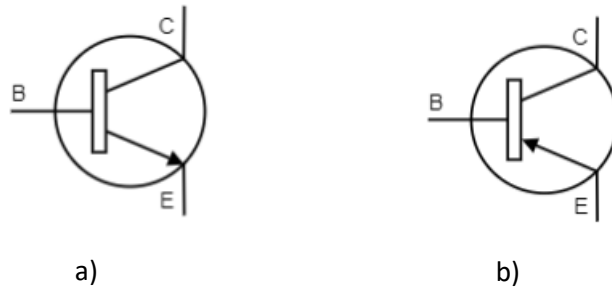


Figura 5 Circuito electrónico del transistor a) Tipo NPN, b) Tipo

2.2 Modulación de amplitud

“En comunicaciones, (AM, por *amplitude modulation*; en español se usa “amplitud modulada”) es el proceso de cambiar la amplitud de una señal portadora de frecuencia relativamente alta, en proporción con el valor instantáneo de la señal modulante o moduladora. AM es un modo de modulación poco costosa y de calidad baja, usado para transmisiones comerciales de audio y de video y para radiocomunicaciones móviles de dos vías, como los radios de banda civil (CB).

Las frecuencias que son altas como para transmitirse en manera efectiva por una antena, y extenderse por el espacio libre se suelen llamar radiofrecuencias, o simplemente RF. En el modulador, la información actúa sobre, la portadora de RF y crea una forma de onda modulada. Una señal de información puede tener una única frecuencia o más probablemente, puede constar de una serie de frecuencias.

2.2.1 La envolvente de AM

A pesar de que existen varios tipos de modulación de amplitud, la que con mayor probabilidad es utilizada, es AM de portadora de máxima potencia y doble banda lateral (DSBFC, por *doublesideband full carrier*). También se le llama AM convencional o simplemente AM.

La figura 6 ilustra la relación entre la portadora [$V_C \sin(2\pi f_C t)$], la señal moduladora [$V_m \sin(2\pi f_m t)$] y la onda modulada [$V_{am}(t)$] en la AM convencional”, (Tomasi, 2003).

2.2.2 Espectro de frecuencias y ancho de banda de AM.

“Con respecto al espectro de frecuencias un modulador de AM es un dispositivo no lineal. Por tal razón, existe el mezclado no lineal y la envolvente de salida por un voltaje de cd forma una onda compleja así la frecuencia de la portadora y la suma ($f_c + f_m$) y diferencia ($f_c - f_m$) de las frecuencias, o sea, los productos cruzados. Están desplazadas, las frecuencias de suma y diferencia en relación a la frecuencia de la portadora una porción igual a la frecuencia de la señal moduladora. Por eso, un espectro de señal de AM trae los componentes de frecuencia apartados f_m Hz en ambos lados de la portadora. La función de la modulación es mover la señal moduladora en el dominio de la frecuencia, de modo que se muestre simétricamente en relación con la frecuencia de la portadora”, (Tomasi, 2003). Ver figura 6.

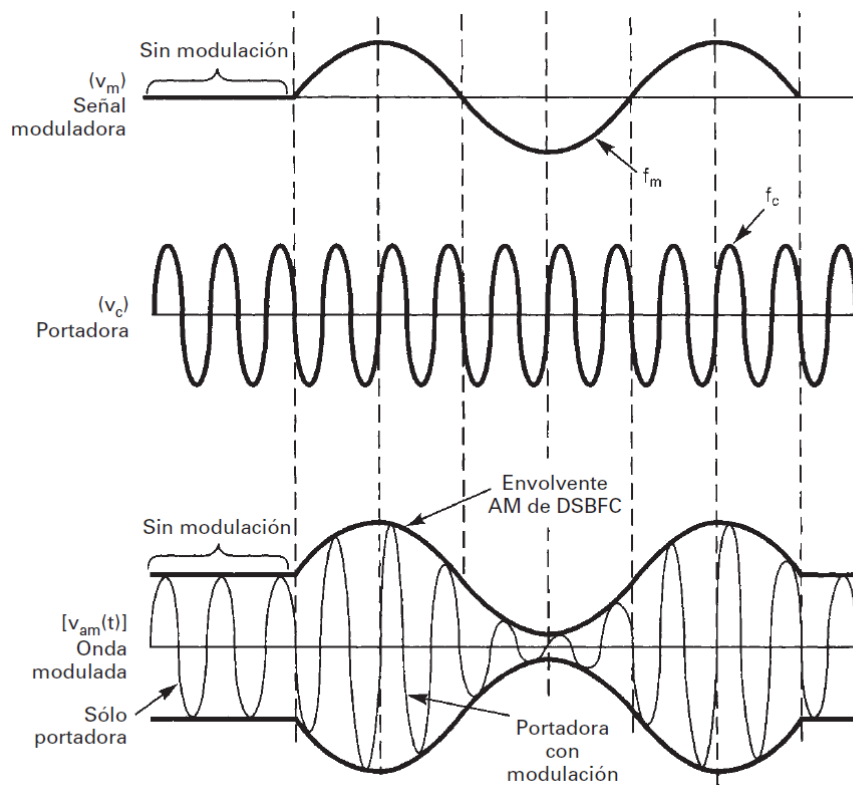


Figura 6 Modulación de AM

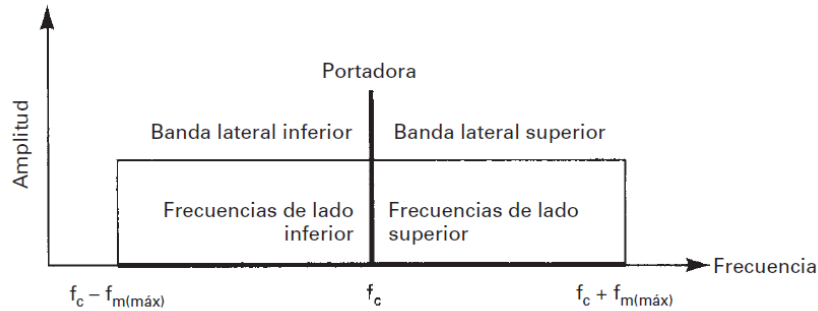


Figura 7 Espectro de frecuencia para AM

“En la figura 7 se presenta el espectro de frecuencias para una onda de AM. Este espectro se extiende desde $f_c - f_{m(max)}$ hasta, $f_c + f_{m(max)}$ siendo f_c la frecuencia de la portadora y $f_{m(max)}$ la frecuencia máxima de la señal moduladora.

La banda de frecuencias entre $f_c - f_{m(max)}$ y f_c se llama *banda lateral inferior* (LSB, de *lower sideband*) y toda frecuencia dentro de esta banda es una frecuencia de lado inferior (LSF, de *lower side frequency*).

La banda de frecuencias entre f_c y $f_c + f_{m(max)}$ se llama *banda lateral superior* (USB, de *upper sideband*) y las frecuencias dentro de esta banda se llaman frecuencias de lado superior (USF, de *upper side frequency*). Por consiguiente, el ancho de banda (B) de una onda DSBFC de AM es igual a la diferencia entre la frecuencia máxima de lado superior y la mínima del lado inferior, o también, igual a dos veces la frecuencia máxima de la señal modulante, es decir, $B = 2f_{m(max)}$.

Para propagación de ondas de radio, la portadora y todas las frecuencias dentro de las bandas laterales superior e inferior deben ser lo bastante elevadas como para poder propagarse lo suficiente a través de la atmósfera terrestre”, (Tomasi, 2003).

2.2.3 Sistema emisor de AM

“Éste se encarga de enviar señales al espacio y contiene los siguientes módulos: Convertidor del audio en señales eléctricas, que pasa a ser la señal moduladora. Un oscilador de portadora de RF, que será el responsable de producir una onda patrón a la frecuencia asignada la estación”, (Tomasi, 2003). Ver figura 8.

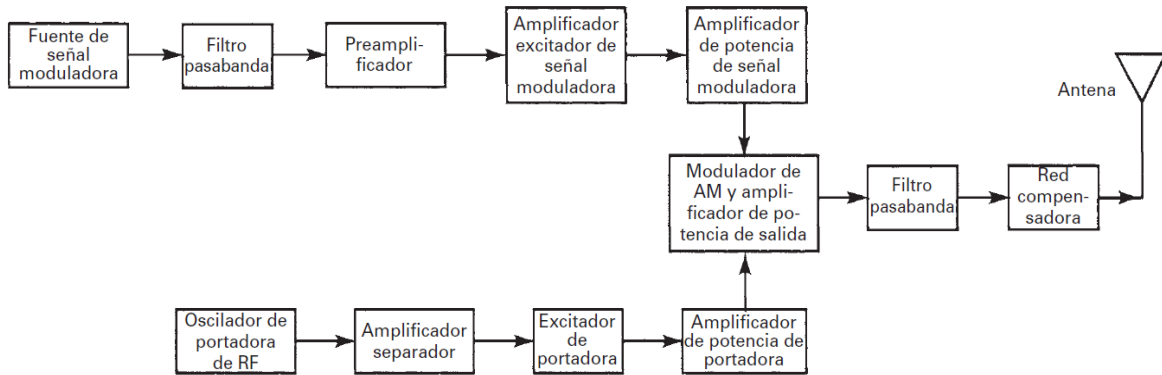


Figura 8 Transmisor de AM

2.2.4 Sistema receptor de AM

Éste tiene un proceso contrario al de la modulación y se llama detección o demodulación. La antena recibe la señal de la estación deseada, el selector de RF la selecciona y detecta, después es amplificada y aplicada al altavoz de la señal que resulta de audiofrecuencia. Ver figura 9.

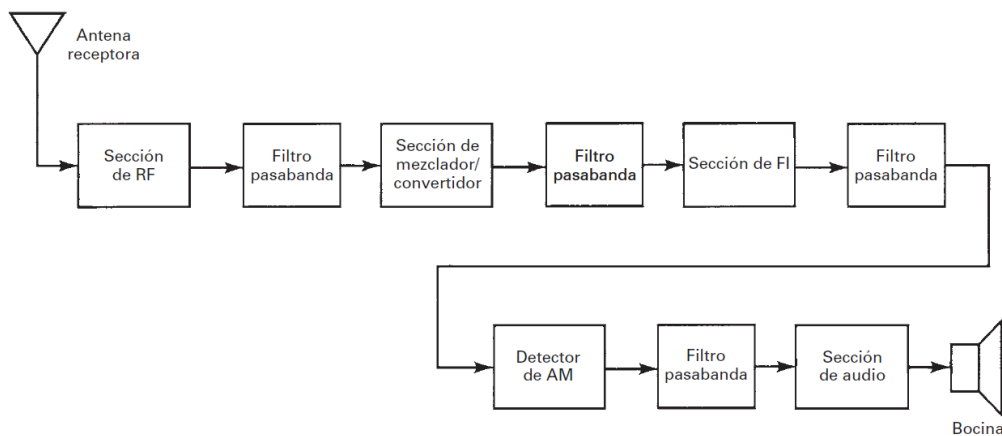


Figura 9 Receptor AM

2.3 Modulación en frecuencia

“El mayor E. H. Armstrong creó el primer sistema de radio de FM funcional en 1936, y en julio de 1939 comenzaron las primeras transmisiones con programa regular, en Alpine, New Jersey. Hoy en día la modulación angular es usada para radio comercial, televisión, radios celulares y sistemas de comunicaciones por microondas y satelitales.

La frecuencia modulada (FM), o modulación de frecuencia, es una técnica de modulación angular que permite transmitir información a través de una onda portadora modulando su frecuencia.

Normalmente se utiliza para radiodifusión en la banda de muy alta frecuencia para música, y audio en televisión analógica. También para una transmisión de banda estrecha o N-FM, para transmisión de voz sobre radio de dos vías, al contrario del modo de radiodifusión comercial FM se llama FM de banda ancha o W-FM, y para enviar señales al espacio.

Además, se usa en las frecuencias de audio para sintetizar sonido, conocida como síntesis de FM, fue célebre a principios de los sintetizadores digitales transformándose en una propiedad normal para varias generaciones de tarjetas de sonido de computadoras personales”, (colaboradores de Wikipedia, 2024a).

2.3.1 FM en el dominio del tiempo

“En términos del dominio del tiempo en FM la frecuencia de la portadora aumenta de valor cuando aumenta el voltaje de la señal moduladora de BF y disminuye de valor cuando disminuye el voltaje de la moduladora de BF. El parámetro que se varia de la portadora es su frecuencia, por lo que la amplitud de ésta permanece constante y, por tanto, las comunicaciones son inmunes casi por completo a los parásitos. dando como resultado una mayor calidad en la recepción. En la figura 10 se han dibujado las curvas de los voltajes alternos presentes en una transmisión de FM. La curva 10a, es la de la moduladora o voltaje de BF la 10b es el voltaje de la portadora de RF y la 10c es el voltaje de la señal (portadora modulada en frecuencia). FM presenta la ventaja sobre la AM de necesitar menor potencia de modulación”, (Pagina Nueva 1, s. f.-b).

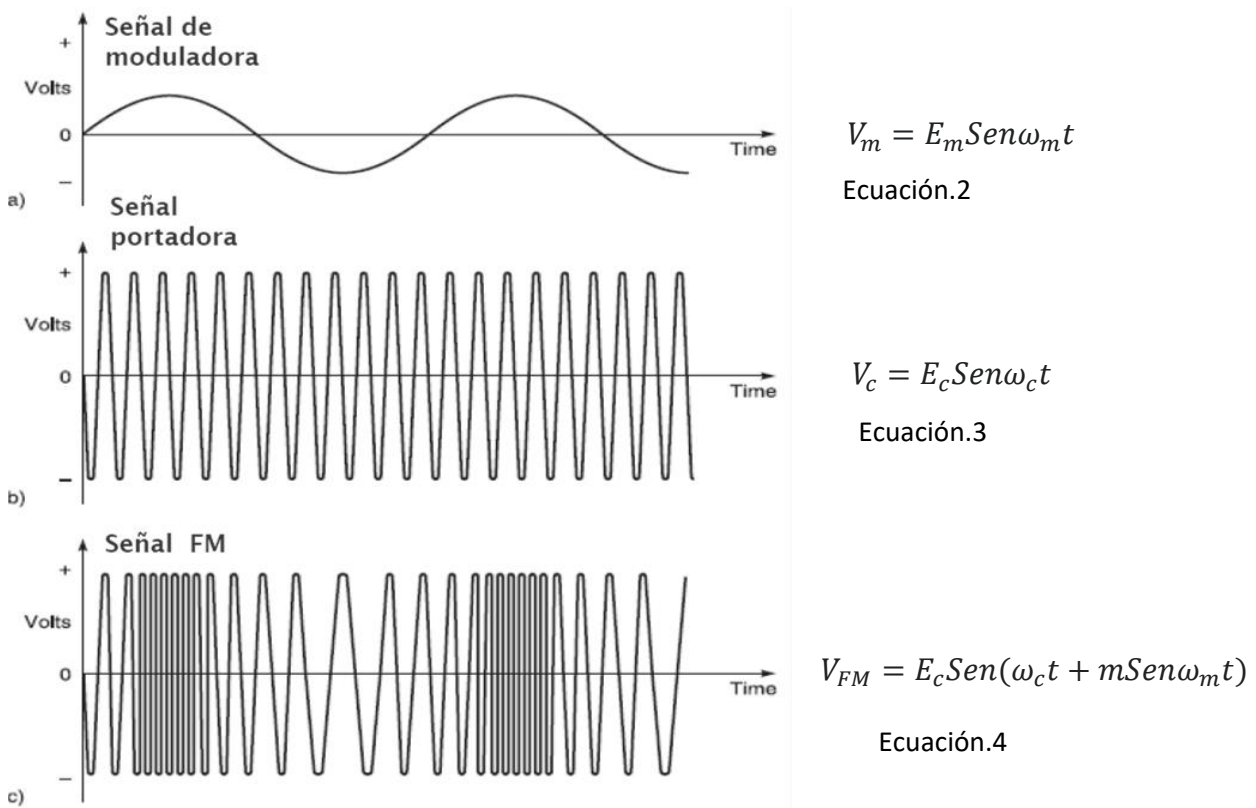


Figura 10 FM en el dominio del tiempo. a) señal moduladora, b) señal portadora c) señal FM

Índice de modulación
Ecuación.5

$$m = \frac{\delta}{f_m} \left\{ \begin{array}{l} m = \text{índice de modulación} \\ \delta = \text{desviación de frecuencia pico, en Hz} \\ f_m = \text{frecuencia moduladora, en Hz} \end{array} \right.$$

2.3.2 FM en dominio de la frecuencia

De acuerdo a (Stremler, 1998), para solucionar la ecuación FM sólo con trigonometría, es conveniente usar una herramienta matemática que es, las Funciones Bessel, para determinar el ancho de banda de una señal FM.

“La ecuación FM se expresa como una serie de sinusoides ponderados por coeficientes J_n , a través de las funciones de Bessel.

$$V_{FM} = E_c \text{sen}(\omega_c t + m \text{sen} \omega_m t) \quad \text{Ecuación.6}$$

$$= E_c \{ J_0 \text{sen} \omega_c t - J_1 [\text{sen}(\omega_c - \omega_m)t - \text{sen}(\omega_c + \omega_m)t] + J_2 [\text{sen}(\omega_c - 2\omega_m)t + \text{sen}(\omega_c + 2\omega_m)t] - J_3 [\text{sen}(\omega_c - 3\omega_m)t + \text{sen}(\omega_c + 3\omega_m)t] + \dots \} \quad \text{Ecuación.7}$$

Los coeficientes J_n varían en función del índice de modulación m ”, (Tomasi, 2003). Ver figura 11.

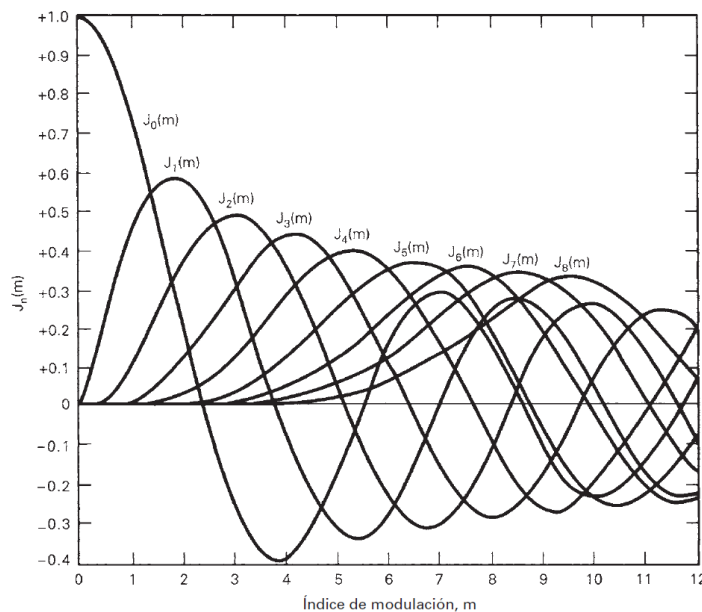


Figura 11 funciones de Bessel para determinar el ancho de banda de una señal FM.

2.3.3 Espectro de frecuencias de la señal FM

En una señal de FM, para los diferentes componentes de frecuencia, los coeficientes J_n muestran voltajes normalizados, ver figura 12.

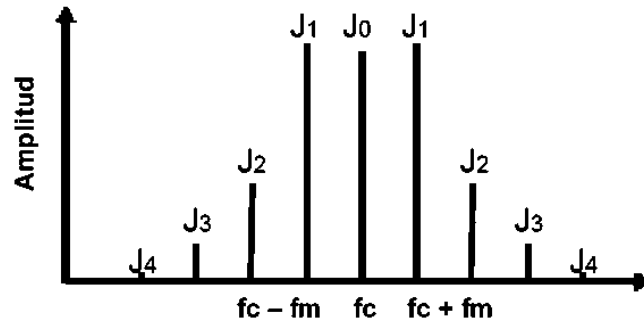


Figura 12 Espectro FM con frecuencia moduladora constante.

2.3.3 Ancho de Banda de una señal FM.

“En una señal de FM el ancho de banda (BW) es el rango de frecuencias dentro de ella. Y se calcula con forma a N el número de bandas laterales significativas que se transmitan”, (*Pagina Nueva 1*, s. f.-b).

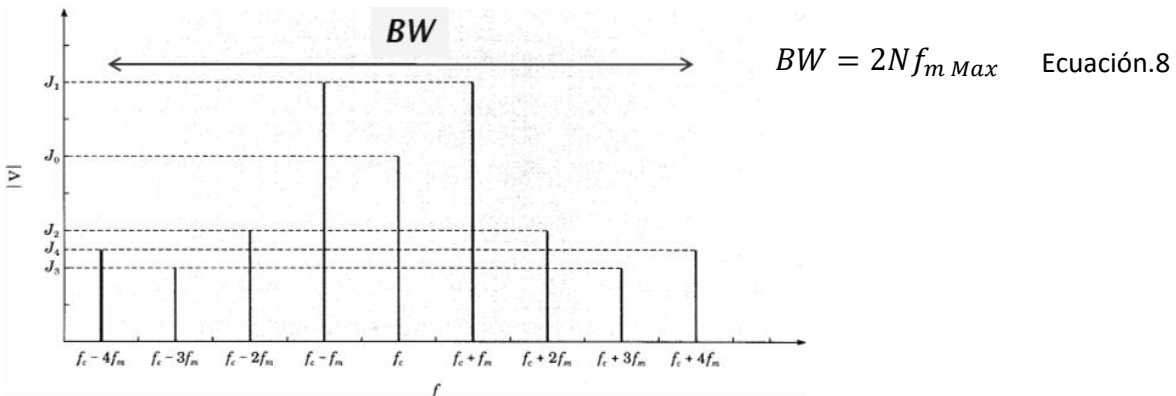


Figura 13 Ancho de banda BW de la señal FM

REGLA DE CARSON Ecuación.9 $BW = 2(\delta + f_{m \text{ Max}})$

BW = ancho de banda de una señal FM, en Hz
 δ = desviación de frecuencia pico, en Hz
 $f_{m \text{ Max}}$ = frecuencia moduladora máxima, en Hz

“El ancho de banda asignado a cada estación de radio FM, es bastante amplio, para la transmisión de señales en estéreo de alta fidelidad, y con la suma de canales de sonido de los canales derecho e izquierdo la frecuencia de la portadora está modulada directamente por una subportadora de 38 kHz, y con la diferencia de canales de audio derecho e izquierdo, esa subportadora está modulada, al final el receptor de FM decodifica la señal y la divide en los canales derecho e izquierdo”, (Radio Broadcast Signals, s. f.). Ver figura 14.

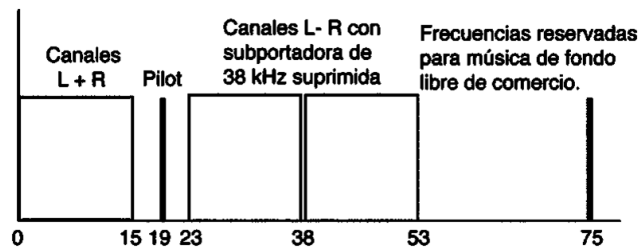


Figura 14 Ancho de banda para una estación de radio FM

2.3.4 La banda de radio FM

Las estaciones de radio tienen otorgadas un máximo de 100 estaciones con frecuencias centrales de 88,1 MHz, entre los canales de televisión VHF 6 y 7, para una banda de radio FM que va desde 88 a 108 MHz de separación de 200 kHz y una variante máxima de 75 kHz de su frecuencia central, produciendo unas "bandas guardas" de 25 kHz superior e inferior. Ver figura 15.

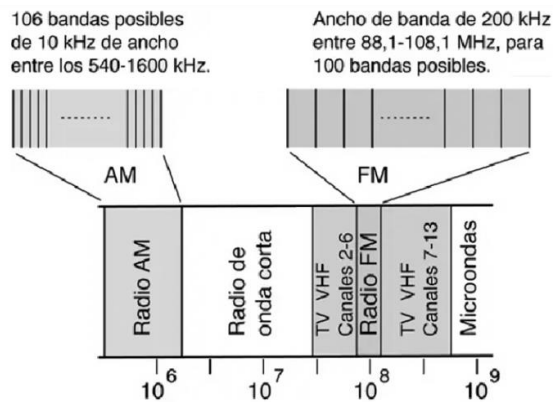


Figura 15 La banda de radio AM y FM

2.3.5 Sistema emisor de FM

Como pre-énfasis el emisor trabaja con un filtro pasa altos, aumenta en altas frecuencias la relación señal ruido porque en la música como en la voz se encuentran en esas frecuencias las componentes de menor nivel y de igual constante de tiempo un filtro pasa bajos en el receptor de énfasis. Ver figura 16.

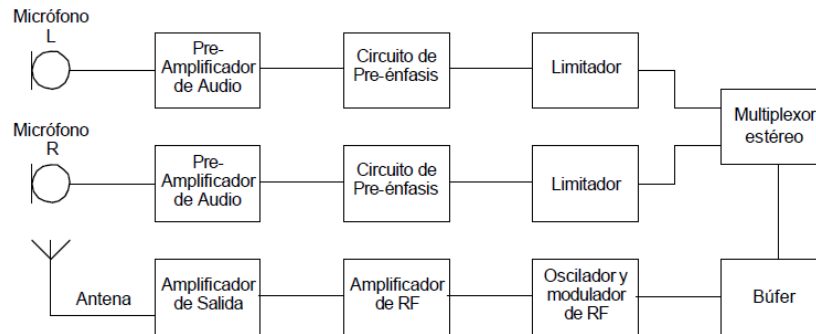


Figura 16 Sistema emisor de FM

“El multiplexor estéreo ajusta la señal de audio, en tanto la impedancia entre pasos es amplificada y adaptada por el búfer y también filtra la señal de componentes fuera del rango de interés”, (*Pagina Nueva 1, s. f.-b*). Ver figura 17.

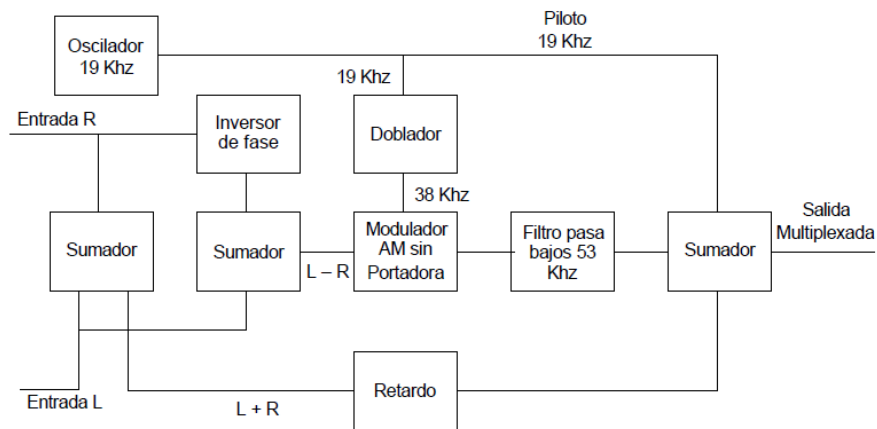


Figura 17 Multiplexor estéreo

2.3.6 Sistema receptor de FM

“En el receptor, el mezclador de frecuencia es un circuito no lineal que entrega las frecuencias suma y diferencia junto a los armónicos superiores de las señales de entrada, la frecuencia diferencia, también llamada intermedia o de batido es de 10,7Mhz. El limitador elimina cualquier modulación de amplitud, mientras que el discriminador convierte frecuencia en tensión, pasando la señal de FM a AM con un filtro pasa altos y demodulando ésta con un detector de envolvente”, (TORRES ARRIOSTRADAS 180 – Rover. s/f). Ver figura 18 y 19.

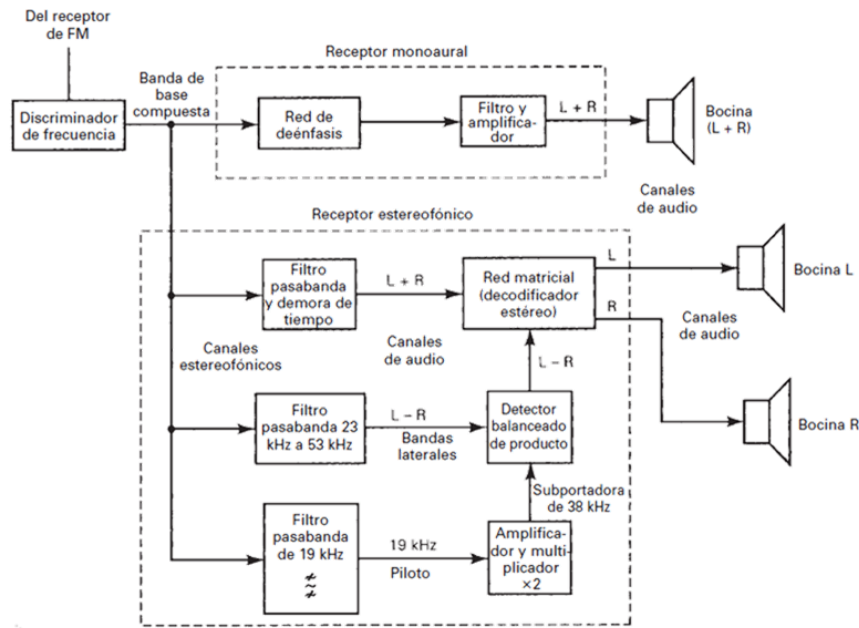


Figura 18 Sistema receptor de FM

El decodificador estéreo divide las señales de sonido multiplexadas por el emisor.

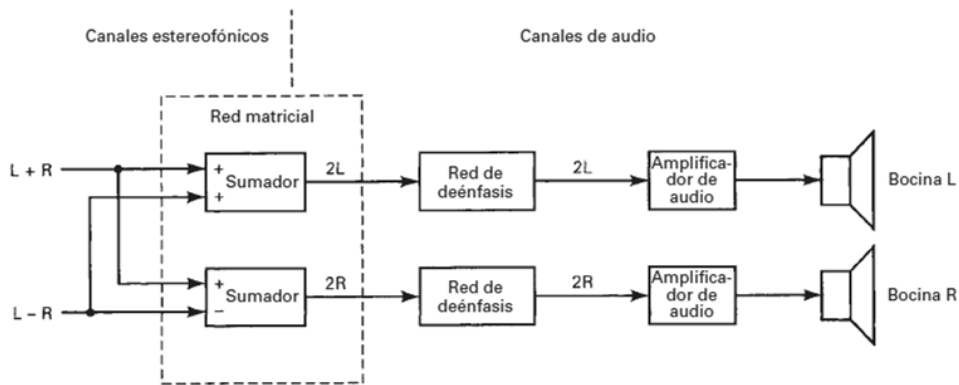


Figura 19 Decodificador estéreo

2.4 Propagación terrestre de las ondas electromagnéticas.

“Las ondas electromagnéticas de radio que viajan dentro de la atmósfera terrestre se llaman ondas terrestres, y las comunicaciones entre dos o más puntos de la Tierra se llaman radiocomunicaciones terrestres. Las ondas terrestres se ven influidas por la atmósfera y por la Tierra misma.

En las radiocomunicaciones terrestres, las ondas se pueden propagar de varias formas, que dependen de la clase del sistema y del ambiente. Como se dijo antes, las ondas electromagnéticas también viajan en línea recta, excepto cuando la Tierra y su atmósfera alteran sus trayectorias. En esencia, hay tres formas de propagación de ondas electromagnéticas dentro de la atmósfera terrestre: onda terrestre, onda espacial (que comprende ondas directas y reflejadas en el suelo) y ondas celestes o ionosféricas”, (Tomasi, 2003). Ver figura 20.

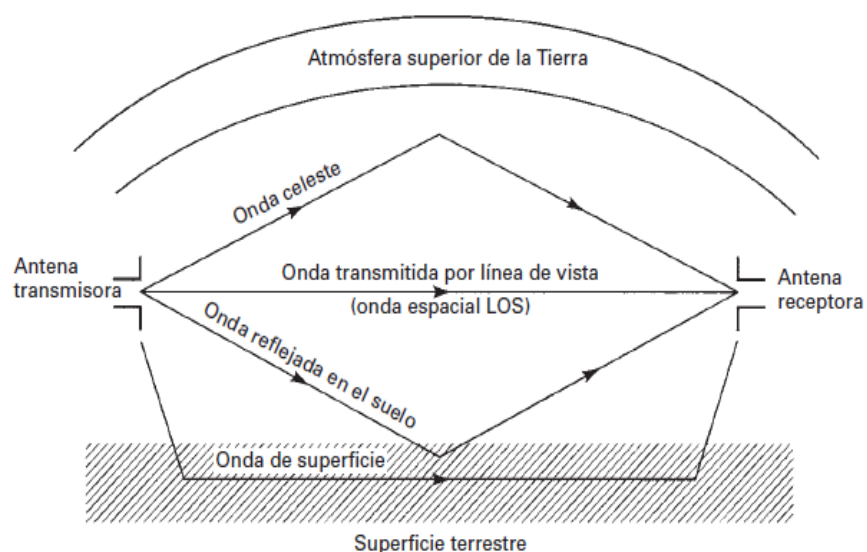


Figura 20 ilustra los modos normales de propagación entre dos antenas de radio

“En todo sistema de radio existen los tres modos, sin embargo, algunos son despreciables en ciertos intervalos de frecuencia, o sobre determinada clase de terreno. A frecuencias menores que 1.5 MHz, las ondas terrestres tienen la mejor difusión, porque las pérdidas en el suelo aumentan con rapidez al aumentar la frecuencia. Las ondas celestes se usan para aplicaciones de alta frecuencia, y las ondas espaciales se usan para frecuencias muy elevadas

2.4.1 Propagación de ondas terrestres

Una onda terrestre es una onda electromagnética que viaja por la superficie de la Tierra. Por eso a las ondas terrestres también se les llama ondas superficiales. Las ondas terrestres deben estar polarizadas verticalmente. Esto se debe a que el campo eléctrico, en una onda polarizada horizontalmente, sería paralelo a la superficie de la tierra, y esas ondas se pondrían en corto por la conductividad del suelo. Con las ondas terrestres, el campo eléctrico variable induce voltajes en la superficie terrestre, que hacen circular corrientes muy parecidas a las de una línea de transmisión. La superficie terrestre también tiene pérdidas por resistencia y por dieléctrico. Por consiguiente, las ondas terrestres se atenúan a medida que se propagan. Se propagan mejor sobre una superficie buena conductora, como, por ejemplo, agua salada, y se propagan mal sobre superficies desérticas. Las pérdidas en las ondas terrestres aumentan rápidamente al aumentar la frecuencia”, (Tomasi, 2003). Ver figura 21.

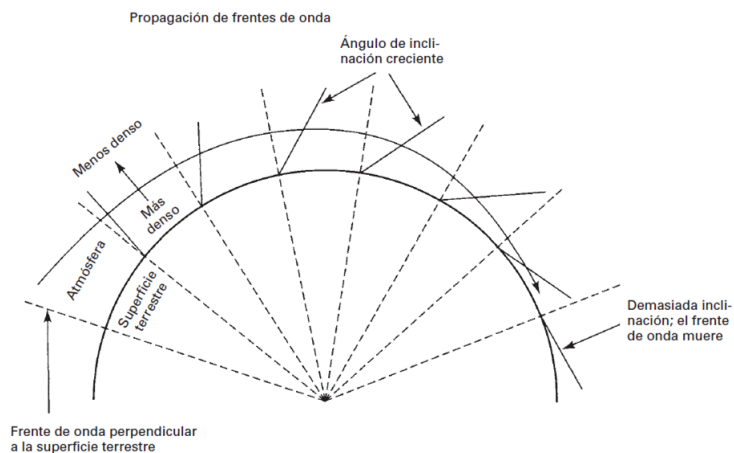


Figura 21 Propagación de ondas terrestres

2.4.2 Propagación de las ondas espaciales

“La curvatura de la Tierra presenta un horizonte en la propagación de las ondas espaciales, que se suele llamar el horizonte de radio. A causa de la refracción atmosférica, el horizonte de radio está más allá del horizonte óptico para la atmósfera estándar común. El horizonte de radio está, más o menos, a cuatro tercios del horizonte óptico. La refracción se debe a la troposfera, a cambios en su densidad, temperatura, contenido de vapor de agua y conductividad relativa. El horizonte de radio se puede alargar sólo con elevar las antenas de transmisión o recepción, o ambas, respecto a la superficie terrestre, con torres, o colocándolas sobre montañas o edificios altos. La figura 22, muestra el efecto de la altura de la antena sobre el horizonte de radio. El horizonte visual de radio para una sola antena es:

$$d = \sqrt{2} h \quad \text{Ecuación. 10}$$

Siendo d = distancia al horizonte de radio (millas).

h = altura de la antena

Por tanto, para una antena que transmite y una que recibe, la distancia máxima entre ellas es”, (Tomasi, 2003).

$$d = d_t + d_r \quad \text{Ecuación. 11}$$

$$d = \sqrt{2} h_t + \sqrt{2} h_r \quad \text{Ecuación. 12}$$

Donde:

d = distancia total

d_t = horizonte de radio de la antena transmisora (millas).

d_r = horizonte de radio de la antena receptora (millas).

h_t = altura de la antena transmisora (pies).

h_r = altura de la antena receptora (pies)

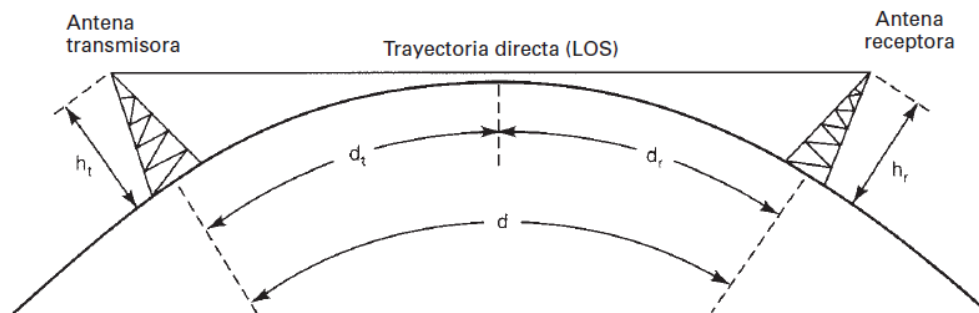


Figura 22 Ondas espaciales y horizontes de radio

“La distancia máxima entre un transmisor y un receptor sobre terreno promedio se puede aproximar en unidades métricas como sigue:

$$d_{(m\acute{a}x)} = 17h_t + 17h_r \quad \text{Ecuaci3n. 13}$$

siendo $d_{(m\acute{a}x)}$ = distancia m\acute{a}xima entre el transmisor y el receptor (kil3metros)

h_t = altura de la antena transmisora (metros)

h_r = altura de la antena receptora (metros)

De acuerdo con las ecuaciones 12 y 13, la distancia de propagaci3n de las ondas espaciales se puede incrementar aumentando la altura de la antena transmisora o de la antena receptora, o de ambas.

Como las condiciones de la atm3sfera terrestre inferior cambian, el grado de refracci3n puede variar a trav3s del tiempo. Se tiene una condici3n especial, llamada *propagaci3n por conductos* cuando la densidad de la atm3sfera inferior es tal que las ondas electromagn3ticas quedan atrapadas entre ella y la superficie terrestre. Las capas atmosf3ricas funcionan como un conducto, y una onda electromagn3tica se puede propagar grandes distancias siguiendo la curvatura de la Tierra dentro de este conducto”, (Tomasi, 2003).

En la figura 23 se representa la propagaci3n por conducto.

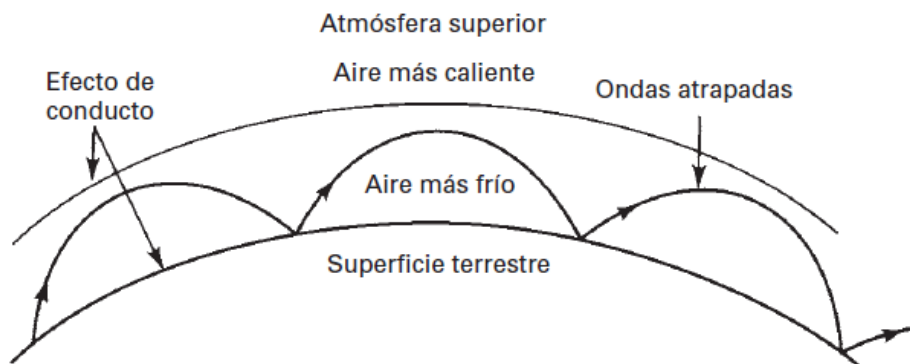


Figura 23 Propagaci3n por conductos atmosf3ricos

2.4.3 Propagación por ondas celestes

“Las ondas electromagnéticas que se dirigen sobre el nivel del horizonte se llaman *ondas celestes*.

En el caso normal, las ondas celestes se irradian en una dirección que forma un ángulo relativamente grande con la Tierra. Se irradian hacia el cielo, donde son reflejadas o refractadas hacia la superficie terrestre por la ionosfera. Debido a lo anterior, a la propagación de las ondas celestes se le llama a veces propagación ionosférica. La ionosfera es la región del espacio que está entre 50 y 400 km (30 a 250 mi) sobre la superficie terrestre.

Es la parte superior de la atmósfera terrestre. Por su situación, absorbe grandes cantidades de la energía solar radiante, que ioniza las moléculas de aire y forma electrones libres. Cuando una onda de radio atraviesa la ionosfera, el campo eléctrico de la onda ejerce una fuerza sobre los electrones libres y los pone a vibrar. Los electrones en vibración disminuyen la corriente, lo que equivale a reducir la constante dieléctrica.

Al reducir la constante dieléctrica aumenta la velocidad de propagación y las ondas electromagnéticas se desvían y se alejan de las regiones de alta densidad de electrones hacia regiones de baja densidad de electrones; es decir, aumenta la refracción. Al alejarse la onda de la Tierra aumenta la ionización; sin embargo, hay menos moléculas de aire que se ionizan.

Por consiguiente, la atmósfera superior tiene mayor porcentaje de moléculas ionizadas que la atmósfera inferior. Mientras mayor sea la densidad de iones, la refracción es mayor. También, debido a la composición no uniforme de la ionosfera y a sus variaciones de temperatura y de densidad, está *estratificada*”, (Tomasi, 2003).

“En esencia son tres las capas que forman la ionosfera: las capas D, E y F, que se ven en la fig. 24. Las tres capas de ionosfera varían en localización y en *densidad de ionización* según la hora del día. También fluctúan en una forma cíclica durante el año, y también siguiendo el *ciclo de manchas solares* de 11 años. La ionosfera es más densa durante las horas de más luz solar: durante las horas del día y en el verano”, (Tomasi, 2003).

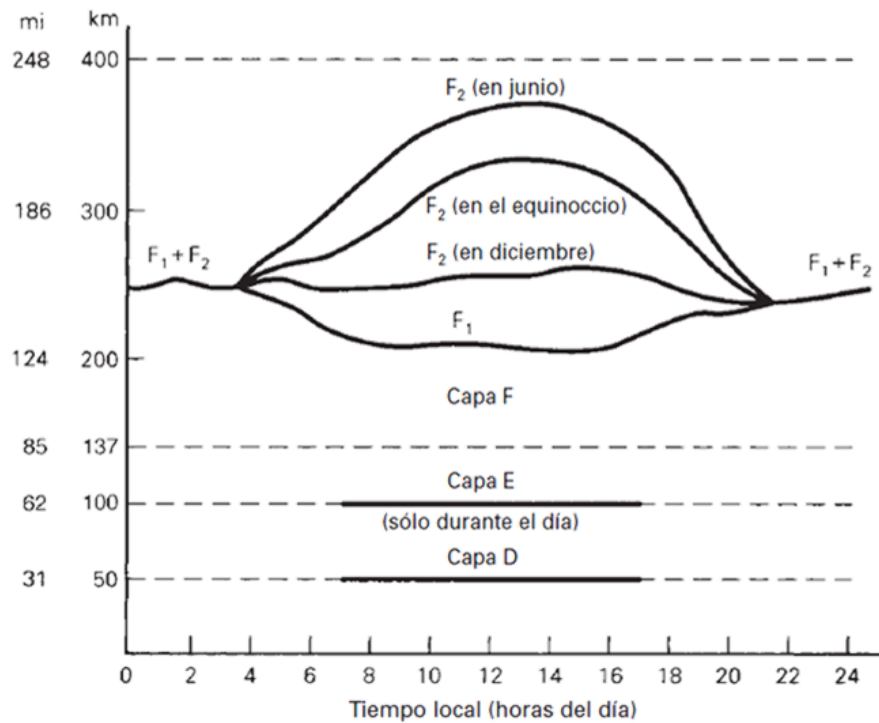


Figura 24 Capas ionosféricas

2.5 Antenas

“La antena es un conductor metálico capaz de irradiar y recibir ondas electromagnéticas, sirve para enlazar espacio libre a líneas de transmisión, líneas de transmisión al espacio libre, o ambos. Básicamente una línea de transmisión enlaza la frecuencia de un transmisor o de un receptor con una antena, al tiempo que enlaza la frecuencia con la atmósfera terrestre, y de la atmósfera terrestre a una línea de transmisión. Una antena de transmisión, convierte la energía eléctrica que viaja en ondas electromagnéticas que se emiten al espacio. Una antena receptora, transforma las ondas electromagnéticas del espacio en energía eléctrica en una línea de transmisión.

2.5.1 Características de las antenas

Existen características importantes al elegir una específica para su aplicación:

2.5.1.1 Patrón de radiación.

La antena se puede representar con una gráfica del patrón de radiación tridimensional vista desde fuera de esta de la energía irradiada. Usualmente es representada de dos formas, patrón de elevación y patrón de azimuth”, (Tomasi, 2003). Ver Figura 25.

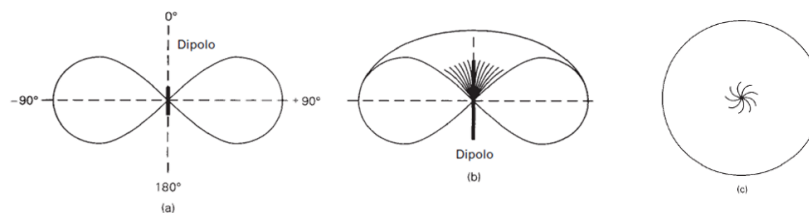


Figura 25 Gráficas de radiación de un dipolo de media onda: (a) vista vertical (lateral) de un dipolo montado verticalmente; (b) vista del corte transversal; (c) vista horizontal (superior).

2.5.1.2 Ganancia.

“La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta. Esta ganancia es comúnmente referida en dBi's, y se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena en cuestión, comparada con la que saldría de una antena isotrópica. Una antena isotrópica es aquella que cuenta con un patrón de radiación esférico perfecto y una ganancia lineal unitaria.

2.5.1.3 Directividad.

La directividad de la antena es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección particular. Se puede entender también como la habilidad de la antena para direccionar la energía radiada en una dirección específica. Es usualmente una relación de intensidad de radiación en una dirección particular en comparación a la intensidad promedio isotrópica.

2.5.1.4 Polarización.

Es la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena. Hay dos tipos básicos de polarización que aplican a las antenas, como son: Lineal (incluye vertical, horizontal y oblicua) y circular (que incluye circular derecha, circular izquierda, elíptica derecha, y elíptica izquierda). Se debe tomar en cuenta la polaridad de la antena es muy importante si se quiere obtener el máximo rendimiento de esta. La antena transmisora debe de tener la misma polaridad de la antena receptora para máximo rendimiento”, (Edison, 2010).

2.5.6 Tipos de antenas de radio FM.

Existen diferentes tipos de antenas, aunque las más relevantes para este caso son: antenas dipolo, Yagi, Panel plano y de plato parabólico, aunque solo se mencionarán Dipolo simple y Yagi.

2.5.6.1 Dipolo simple

“El dipolo tiene que medir la mitad de la longitud de onda de la frecuencia en la que queremos transmitir, se pueden usar para transmisiones que son comunicaciones de larga distancia. También se usan para las emisoras de FM, en este caso, al ser frecuencias muy superiores, se emplean dipolos mucho más pequeños, en vez de media onda son de un cuarto, los dipolos de una FM, dependiendo de su frecuencia, tienen un tamaño aproximado de un metro.

Las antenas dipolo para las FM se pueden comprar ajustadas a una determinada frecuencia que sirva para todas las Bandas. También existen las sintonizables, donde los dipolos vienen con un sistema que permite ajustarlas a la frecuencia de los equipos”, (Antenas de Transmisión, s/f). Figura 26.

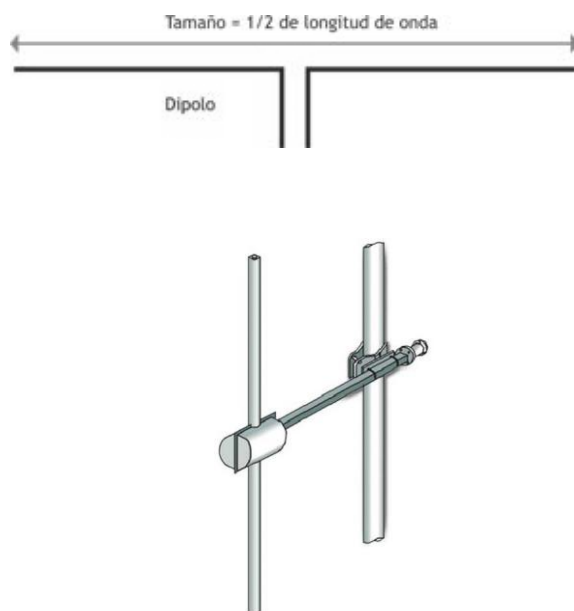


Figura 26 Antena de un dipolo de media

2.5.6.2 Antena Yagi

“Son usadas en FM como antenas receptoras o para radioenlaces, aunque la mayor parte de las Yagi que hay en los tejados, son antenas para recibir los canales de TV. La particularidad de este tipo de antenas es que tienen varios elementos, esto aporta dos ventajas: son muy directivas ya que los elementos adicionales, llamados directores, tienen la misión de dirigir la señal hacia un solo lugar. La otra ventaja es su ganancia, que aumenta con estos elementos directores. En las antenas Yagi, a mayor número de elementos mayor directividad, y mayor ganancia; pero la construcción de estas antenas, respecto al tamaño y distancia de separación de cada elemento, no es casual”, (Antenas de Transmisión, s/f). Ver figura 27.

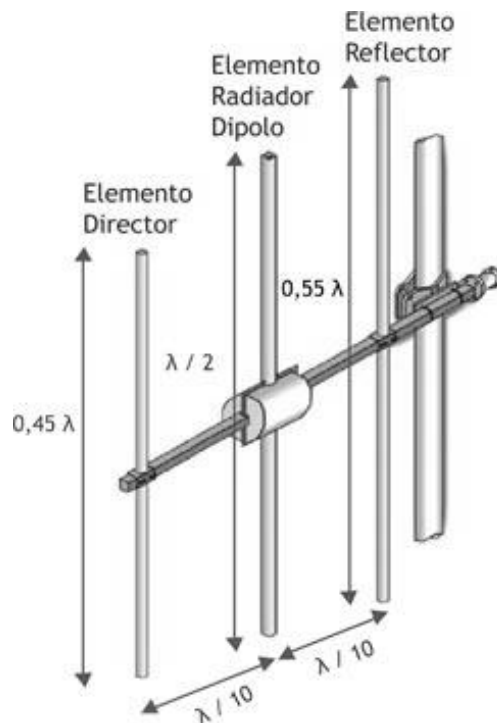


Figura 27 Antena Yagi

Capítulo 3. Análisis de la Torre y Desarrollo del proyecto.

De acuerdo con las especificaciones básicas que se mencionaron en el capítulo 1 en la figura 4, fue necesario hacer un análisis de acuerdo con las especificaciones de la torre con forme lo señala

“Las torres de telecomunicaciones juegan un papel cada vez más importante en el desarrollo de México. Estas torres se utilizan como soporte de las antenas encargadas de transmitir las señales de televisión, telefonía celular y radio. Las torres de telecomunicaciones se pueden catalogar en atirantadas o auto soportadas. Las atirantadas o arriostradas presentan cables sujetos a apoyos y anclados al suelo, que garantizan su estabilidad estructural y son generalmente de sección constante. Las auto soportadas no requieren de ningún elemento adicional para lograr su estabilidad estructural y funcionan frente a la acción de cargas horizontales, como una viga en voladizo. Estas torres generalmente se ubican en sitios muy expuestos a la acción del viento, lo que sumado a sus características de ligereza y esbeltez las convierte en estructuras vulnerables ante la acción del viento, provocando en muchas ocasiones su salida de funcionamiento.

3.1 Tipos de torres.

Estas pueden variar su estructuración conforme sus necesidades y condiciones del lugar en donde se requieran instalar, entre las torres más comunes se encuentran las auto soportadas, arriostradas, y monopolos, su altura depende de la altura requerida para suministrar la transmisión de señal y datos correcta. Estas estructuras pueden ser de diversas alturas, dependiendo de los requerimientos para poder suministrar un correcto funcionamiento”, (S/f-b).

3.1.1 Torres Auto soportadas.

“Son las torres más rígidas y las menos sensibles a la torsión. Por esta razón se utilizan cuando se trata de soportar varias antenas de gran superficie, de igual manera se puede estar obligado a su utilización cuando la superficie del terreno no permita el arriostamiento de cables.

Su sección puede ser cuadrada o triangular, como su nombre lo dice auto soportan su propio peso y las cargas adicionales, básicamente su diseño estructural considera como cargas: el peso propio de la estructura el peso de las antenas, los accesorios de antenas y accesorios de seguridad, este tipo de torres son las más eficientes por su geometría, es posible el uso de torres esbeltas de sección constante como también formas piramidales”, (s/f-b). Ver figura 28.



Figura 28 Torre Auto Soportada

3.1.2 Torres atirantadas o arriostradas

“Estas estructuras se instalan por lo general en las azoteas de los inmuebles, pudiéndose colocar también en el suelo, si el espacio disponible lo permite ya que requiere grandes claros por la posición de las retenidas (cables), estas estructuras son de sección triangular en planta y en elevación son de sección constante, para su estabilidad debe de tener 3 o 4 retenidas.

Muchas veces se requieren instalar antenas celulares en puntos específicos o regiones, por lo que se recurre a construir torres arriostradas sobre edificaciones existentes. Estas torres cuentan generalmente de tirantes o arriostres a diferentes distancias. El peso que genera la torre sobre la estructura existente no es muy grande, las reacciones que se generan por la torre es solamente compresión y tensión no generan momentos flectores en columnas del inmueble, así como las retenidas solo causan tensión, por lo que no le adiciona mucho peso a la edificación; sin embargo, se debe de colocar el apoyo de las torres y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes”, (S/f-b). Ver figura 29.



Figura 29 Torre Arriostrada

3.1.3 Torres monopolo

“Su estructura consiste en tubos de sección circular o poligonal, en elevación puede ser de sección constante o cónica. Se utilizan para sitios en terreno natural y cuando el espacio disponible para la torre no es muy grande, ya que la cimentación de este tipo de torres es más pequeña que la requerida para torres auto soportadas.

Las ventajas de elegir este tipo de torre es su peso ligero, poco requisito de espacio y bajo costo de instalación y que se pueden camuflajear como árboles, lo que resulta más estético para las zonas turísticas”, (s/f-b). ver figura 30.



Figura 30 Torre Monopolo

3.2 Fuerza del viento para estructuras arriostradas

3.2.1 Consideraciones principales de las normas mexicanas

“En México existen varios reglamentos para análisis y diseño los principales son las normas técnicas completarias de la ciudad de México y el manual de obras civiles (CFE), para este trabajo se utilizarán las normas del manual de obras civiles por diseño por viento ya que se considera que es el documento más completo”, (S/f-b).

En resumen, el procedimiento sugerido por el manual para diseño por viento de la CFE, se presenta en la figura 3.

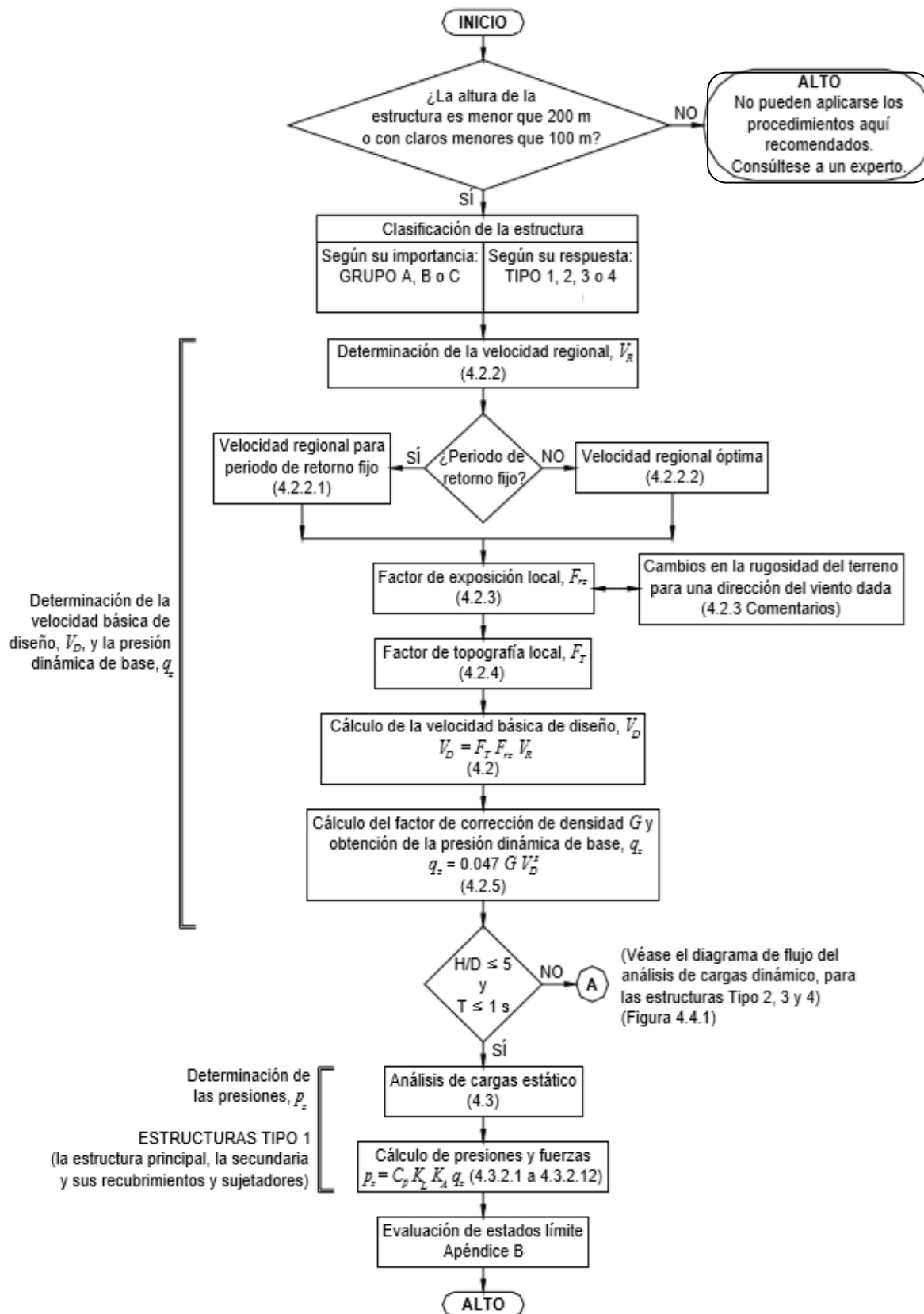


Figura 31 Procedimiento sugerido por el manual para diseño por viento de la CFE

3.2.2 Clasificación de la estructura según su importancia

“Según el nivel de importancia y dado a cada estructura, se clasifican en los siguientes niveles.

- Grupo A: estructuras con un grado de seguridad elevado. Se incluyen en este aquellas cuya falla cause la pérdida de un número importante de vidas o pérdidas, pérdidas económicas y culturales muy altas. Algunos ejemplos de este tipo de construcciones son áreas de reunión con capacidad mayor a doscientas personas, museos, templos, estadios e inmuebles de telecomunicación, así como escuelas y hospitales por mencionar algunos.
- Grupo B. Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad moderado, son aquellas que si fallan generan baja pérdida de vidas humanas y que los daños materiales son de magnitud intermedia. Algunos ejemplos de estas estructuras son: Plantas industriales, casas habitación, viviendas, edificios de departamentos, hoteles, salas de reunión y espectáculos.
- Grupo C: estructuras para las que se recomiendan un grado de seguridad bajo. Son aquellas cuya falla no implica consecuencias graves, abarcan estructuras o elementos temporales con vida útil menor a tres meses”, (S/f-b).

3.2.3 Velocidad básica del viento

“El viento es el termino general que se usa para describir al aire que se encuentra en movimiento debido a causas naturales. Además de los vientos normales, algunas regiones están sujetas a vientos especialmente fuertes como son los huracanes y específicamente en las costas.

El Cálculo de la velocidad básica de diseño depende de la topografía de la zona (F_t), de las características de la exposición local (F_{rz}), y de la velocidad regional (V_R).

$$V_D = F_T F_{rz} V_R \quad \text{Ecuación. 14}$$

3.2.4 Categoría del terreno

Las categorías del terreno se definen en función de su rugosidad. Si las obstrucciones son grandes y numerosas se dice que la superficie es rugosa, si por el contrario las obstrucciones son pequeñas y muy espaciadas, entonces la superficie se considera lisa o suave. Un suelo rugoso producirá una mayor turbulencia en el viento, mientras que uno liso no genera turbulencias en las capas bajas de la atmosfera.

Tanto en el procedimiento de análisis estático como en el dinámico que es el caso de las torres de telecomunicación, existen factores que dependen de las condiciones topográficas y de exposición en donde se desplantara la construcción”, (S/f-b).

Por lo cual para evaluar de forma práctica es necesario establecer clasificaciones. Ver Tabla 2

CATEGORIA	DESCRIPCION	EJEMPLOS	LIMITACIONES
1	Terreno abierto, prácticamente plano, sin obstrucciones y superficies de agua	Franjas costeras planas, zonas de pantanos o de lagos, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo sin setos o bardas alrededor, superficies nevadas planas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 2000 m o 10 veces la altura de la construcción por diseñar, la que sea mayor.
2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o bardas alrededor, árboles y construcciones dispersas.	Las obstrucciones existentes, tienen alturas de 1.5 a 10 m, la longitud mínima debe ser la mayor entre 1500 m o 10 veces la altura de la construcción por diseñar.
3	Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas	Áreas urbanas, suburbanas y de bosques, o cualquier terreno con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde al de las casas y viviendas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 2000 m o 10 veces la altura de la construcción por diseñar, la que sea mayor.
4	Terreno con numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas	Centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados.	Por lo menos el 50% de los edificios tiene una altura mayor que 20 m. Las obstrucciones miden de 10 a 30 m de altura. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser la mayor entre 400 m y 10 veces la altura de la nueva construcción.

Tabla 2 Tabla de clasificaciones topográficas.

3.2.5 Velocidad Regional

“Dentro de la ingeniería el análisis por viento en el diseño estructural es muy complejo, por tratarse de un fenómeno aleatorio que para su descripción requiere conocimientos estadísticos y complicados, lo cual dificulta su entendimiento. En el análisis y diseño de estructuras se deben considerar las fuerzas horizontales, dentro de estas se pueden considerar las fuerzas generadas por viento y sismos. Ambas fuerzas son difíciles de cuantificar dado que son consecuencias de fenómenos naturales complejos e incontrolables por el hombre.

Los efectos que pueden producirse por vientos fuertes generalmente son por huracanes u otros fenómenos meteorológicos.

La velocidad regional de ráfaga de viento, es la velocidad máxima que puede ser excedida en un cierto periodo de retorno, T , en años, en una zona o región determinada en el país, esta se determina tomando en consideración tanto la importancia de la estructura como la localización geográfica de su sitio de desplante.

3.2.6 Mapas de Isotacas

Los mapas de isotacas están hechos mediante un análisis probabilístico y esto permite establecer una mejor estimación del peligro por viento en México, con la finalidad de mejorar la seguridad estructural”, (S/f-b). Ver figura 32.

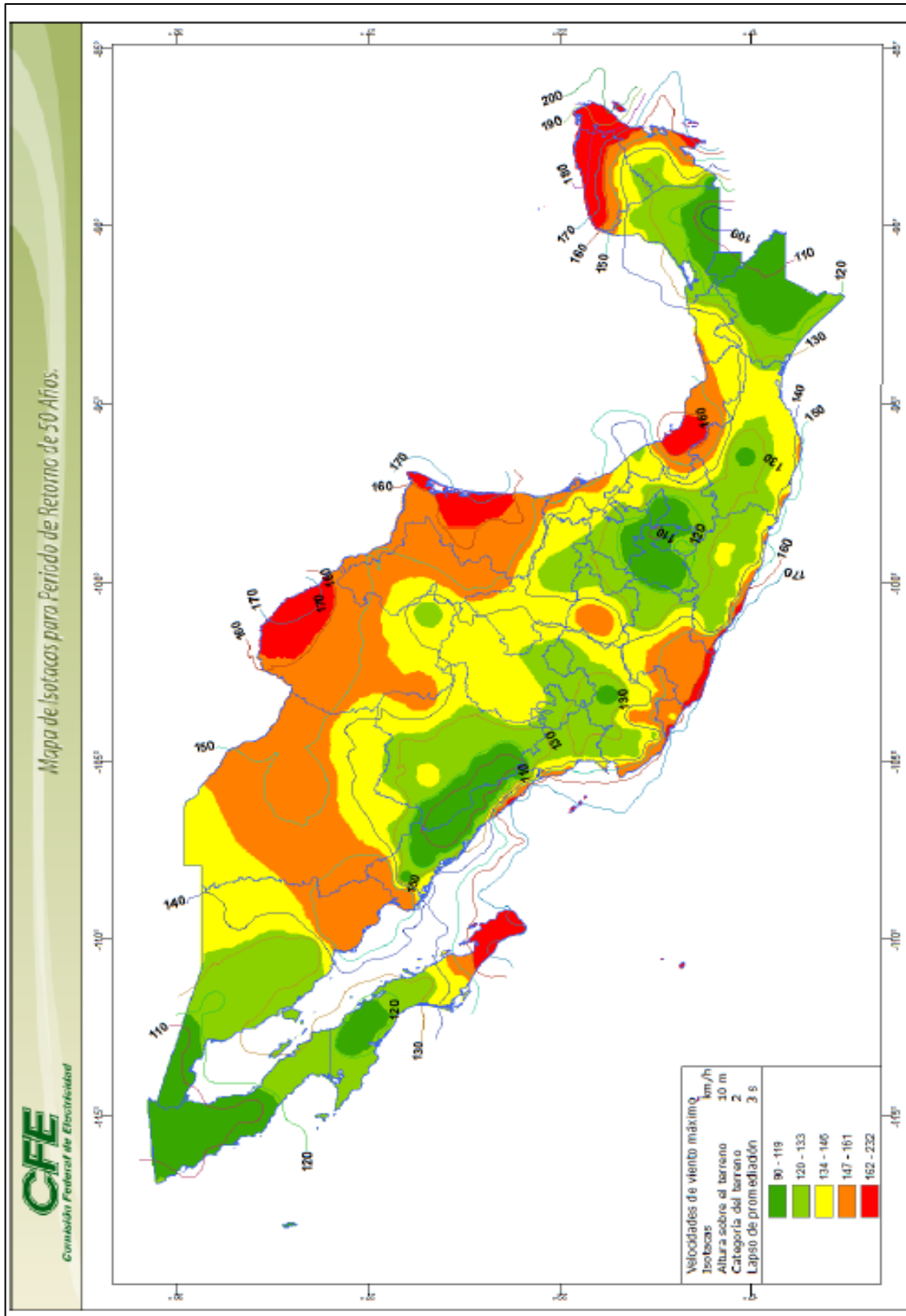


Figura 32 Mapas de isotacas CFE

3.3 Cargas

“Las cargas a considerar son las siguientes:

- Carga Muerta. Las cargas muertas se definen como todo aquel peso permanente en la estructura. Se deberá de contemplar dentro de esta categoría el peso propio de la estructura, accesorios (escaleras, cama guía de ondas, feeders, plataformas celulares y/o de descanso y herrajes) y antenas. Así, como cualquier otro peso que se considere que va a actuar por un periodo indefinido en la torre y que no se haya considerado en la clasificación anterior.
- Carga Viva. Se deberá considerar un peso de 300 kg (3 personas) en la cúspide de la torre.
- Viento. Los efectos dinámicos del viento derivados del análisis respectivo deberán ser aplicados en la dirección X, -X, Z y -Z; y serán distribuidos de manera nodal en todo el cuerpo de la torre (de acuerdo con la modulación de la misma). Para torres cuadradas se deberá considerar el efecto del viento a 45°
- Sismo. Los efectos sísmicos derivados del análisis respectivo deberán ser aplicados en la dirección X, -X, Z y -Z; y serán distribuidos de manera nodal en todo el cuerpo de la torre (de acuerdo con la modulación de la misma).

3.4 Fuerza actuante en estructuras.

La respuesta estructural ante la acción del viento, depende de las propiedades dinámicas de la construcción y puede dividirse en tres tipos diferentes:

- Respuesta estática, ocurre en estructuras no sensibles a efectos dinámicos con frecuencias naturales de vibración considerablemente mayores que el intervalo de frecuencias de la turbulencia.
- Respuesta dinámica, ocurre en estructuras sensibles a los efectos dinámicos, con una o más frecuencias naturales dentro del intervalo de las frecuencias de la turbulencia”, (S/f-b).

- “Respuesta Aero elástica, ocurre cuando la respuesta estructural interactúa con la generación de las cargas del viento, produciendo fenómenos de inestabilidad Aero elástica.

En las recomendaciones del manual de obras civiles CFE por viento, las fuerzas producidas por la interacción del viento y la respuesta estructural, se determinarán considerando solo la respuesta estática o la dinámica.

La fuerza estática se calculará con la siguiente expresión:

$$F_{es} = \sum(q_z C_p A_{ref}) \quad \text{Ecuación. 15}$$

en donde:

q_z es la presión dinámica de base, sobre una superficie de referencia A_{ref} , a una altura z .

C_p el coeficiente de presión, adimensional, actuando sobre una construcción o un área de ésta.

A_{ref} el área de referencia, en m^2 , sobre la que actúa la presión.

En el caso de la respuesta dinámica, las fuerzas dinámicas que se generan se evalúan mediante una fuerza equivalente, F_{eq} , que se obtiene al multiplicar la fuerza estática, F_{es} , por el Factor de Amplificación Dinámica, F_{AD} , (S/f-b).

$$F_{eq} = F_{es} F_{AD} \quad \text{Ecuación. 16}$$

3.5 Normas estructurales de empresas dedicadas a las telecomunicaciones.

3.5.1 Normas American Tower Company.

“American Tower Company según (s/f-b, sec. Es una empresa internacional dedicada a la compra y construcción de estructuras para la telecomunicación, a continuación, se explica la normativa de forma general a utilizar en México,

La normativa empleada en México será la siguiente:

a) Construcción.

- Reglamento de Construcción para el Distrito Federal (RCDF), 2004.
- Normas Técnicas Complementarias Sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones.

b) Acero.

- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, 2004.
- Manual IMCA, Instituto Mexicano de la Construcción en Acero.
- Manual of Steel Construction publicado por el AISC (American Institute of Steel Construction), 2010.
- Normativa ASTM (American Society of Testing Materials).
- AWS D1.1, Structural Welding Code – Steel”, (s/f-b).

“c) Concreto.

- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, 2004.
- ACI-318, American Concrete Institute.

d) Mampostería

- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Mampostería, 2004.

e) Cimentaciones.

- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, 2004.
- ACI-318, American Concrete Institute.

f) Viento.

- Manual de Diseño de Obras Civiles: Diseño por Viento, Comisión Federal de Electricidad (CFE), Instituto de Investigaciones Eléctricas 2008, México.)
- TIA-222-G-2, Structural Standard for Antenna Supporting Structures and Antennas, ANSI (American National Standard Institute)”, (S/f-b).

3.5.2 Materiales.

“Acero Estructural

Las consideraciones generales que se tomarán respecto al acero son las siguientes:

a) Los tipos de perfiles usados en piernas, horizontales y diagonales se encuentran en el manual IMCA emitido por el Instituto Mexicano de la Construcción en Acero.

b) La clasificación para los perfiles y las placas de los aceros será de acuerdo con la ASTM (American Society for Testing and Materials).

Los tipos de acero que tendrán validez son:

- ASTM A36. Tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 2530 kg/cm^2 y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión (F_u) de $4080 - 5620 \text{ kg/cm}^2$.
- ASTM A529. Tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 2950 kg/cm^2 y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión (F_u) de $4220 - 5975 \text{ kg/cm}^2$.
- ASTM A572. Para el grado 50 se tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 3515 kg/cm^2 y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión (F_u) de 4570 kg/cm^2 .
- IV. ASTM A572. Para el grado 60 se tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 4218 kg/cm^2 y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión (F_u) de 5272 kg/cm^2 .

c) La clasificación para secciones estructurales huecas (tubulares OC) será de acuerdo con la ASTM (American Society for Testing and Materials). Los tipos de acero que serán aceptados son:

- ASTM A36. Tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 2530 kg/cm^2 y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión (F_u) de $4080 - 5620 \text{ kg/cm}^2$.
- ASTM A53 Grado B. Tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 2460 kg/cm^2 y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión (F_u) de 4220 kg/cm^2 , (S/f-b).

- “ASTM A500 Grado A, B y C. Tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 3235 kg/cm^2 y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión (F_u) de 4360 kg/cm^2 .

- ASTM A501 Grado A, B y C. Tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 2530 kg/cm^2 y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión (F_u) de 4080 kg/cm^2 .

d) Las calidades aceptadas para la tornillería serán A-325 y A-490. Los tornillos A-325 deberán ser galvanizados en caliente mientras que los tornillos A-490 serán galvanizados mediante algún proceso mecánico o en su defecto ser instalados aplicando un material epóxico o similar.

e) En cualquier tipo de acero habrá que considerar el valor mínimo de esfuerzo de fluencia (F_y) y no lo reportado por certificados en ensaye alguno.

f) En todas las memorias de cálculo, planos generales y/o planos llave deberán contener las especificaciones de acero empleado.

Concreto

La resistencia mínima a la compresión del concreto ($f'c$) que se deberá tomar estará en función del elemento estructural de que se trate. Así, resulta:

a) Para elementos principales el concreto será de un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ o mayor si lo requiere algún proyecto en específico. Se deberá tomar en cuenta las condiciones regionales del sitio para ver su disponibilidad en la zona donde se ubicará el sitio.

Los elementos principales a considerar son las zapatas, dados, muros de contención o cualquier elemento que resista los elementos mecánicos originados del análisis de la estructura.

b) Las plantillas de concreto simple tendrán como mínimo un $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, (s/f-b).

3.6 Instrucciones técnicas generales de montaje.

“La instalación de la torre como cimentación deberá ser instalada por personal calificado y con experiencia.

Debe estar sobre suelo plano, en un escenario normal para soportar las cargas dinámicas de trabajo normales se considera una velocidad de viento característico no superior a 129 Km/h y en terreno normal. Esto calculado por el ing. civil de la obra.

Cimentación

Con forme a las observaciones planteadas anteriormente del terreno sobre el que se va a asentar la torre, la cimentación se plantea con cuatro dados independientes de cemento y varilla; apoyada la torre sobre el dado central inicia de la torre y en los otros tres dados colocados con un ángulo de 120° y separados en un radio de separación aproximado de 12 metros se anclarán las retenidas de viento que anclan la torre”, (TORRES ARRIOSTRADAS 180 – Rover, s/f). Ver figura 33

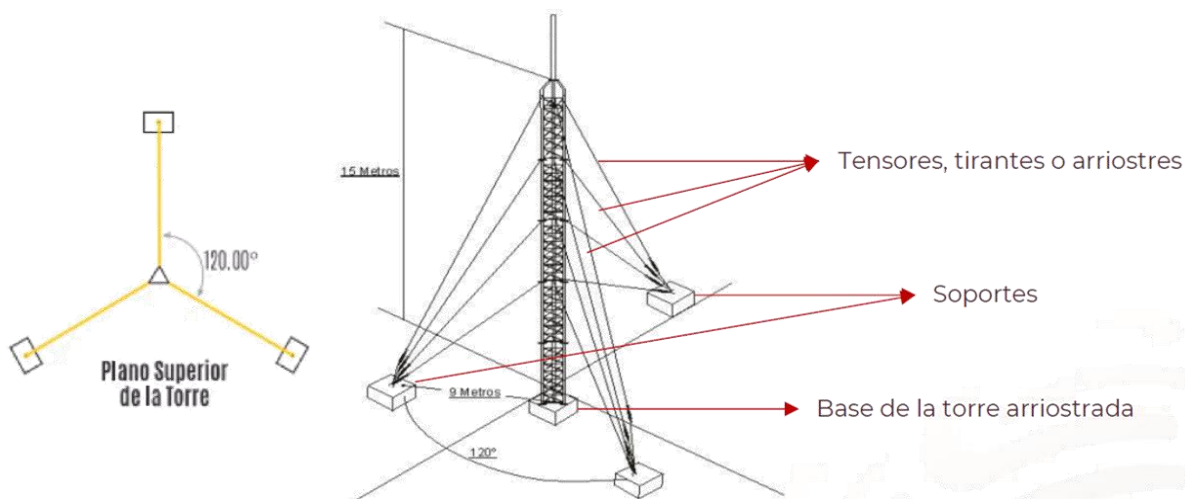


Figura 33 Ejemplo de Torre Arriostrada

La base, sobre una capa de concreto, se colocará un armado con varilla para el dado con una fuerza de compactación de 200 kg/cm^2 a 250 kg/cm^2 . Sus dimensiones están de acuerdo a las cargas que deben tener soporte de acuerdo por parte del estudio de ingeniería civil. Aunque queda en la figura 34 un ejemplo de dado base de torre son $50 \times 50 \text{ cm}$, la base de la torre debe centrarse en el dado del concreto, la altura del dado es de 1 m dejando 20 cm sobre el nivel del suelo.

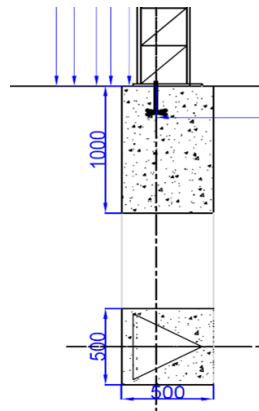


Figura 34 Ejemplo de dado base de torre

Las medidas como ejemplo, con forme (Rover, 1993, sec. Para el dado de concreto para la cimentación de las anclas que sujetan las retenidas son de $80 \times 60 \text{ cm}$. El ancla debe centrarse en el dado de concreto armado de varilla y la altura del dado es de 80 cm . dejando 20 cm sobre el nivel del suelo. Se recomienda colocar el ancla con una inclinación de 30° centrado el ojillo en dado de concreto, ahogándola donde solo quede el ojillo expuesto”, (TORRES ARRIOSTRADAS 180 – Rover, s/f). Figura 35.

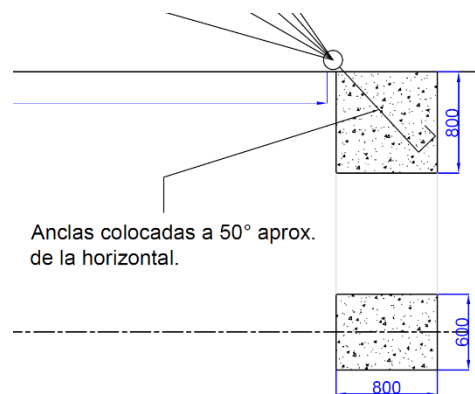


Figura 35 Ejemplo de dado para anclas

“Vientos

Consistirán en cable de acero separados en 120° de diámetro 6 mm tipo 1x7+0 que soporten las cargas expuestas en el apartado de cálculos.

Alzado de la Torre

El proceso de instalación de tramos de torre que a continuación se expone debe considerarse únicamente como orientación pues cada instalador utilizará el montaje más conveniente según su experiencia.

- Montaje tramo a tramo: Consiste en instalar un tramo intermedio perfectamente acoplado, nivelado y con los vientos necesarios. Posteriormente escalando los tramos ya colocados, y por medio de herramienta de elevación adecuado, se izará el siguiente tramo intermedio a montar y así sucesivamente hasta el tramo de punta o copete ver figura 36.

La escalada debe realizarse con los medios de seguridad adecuados (cinturón de seguridad, anclajes, etc.) y en aquellos tramos donde no sea necesario la utilización de vientos se instalarán vientos auxiliares durante el montaje.

- Montaje mediante grúa: La torre se monta inicialmente sobre el terreno y posteriormente por medio de una grúa se eleva. Este método no debe ser usado para alturas superiores a 18 m en torres de 180 y para alturas superiores de 26m”, (TORRES ARRIOSTRADAS 180 – Rover, s/f).

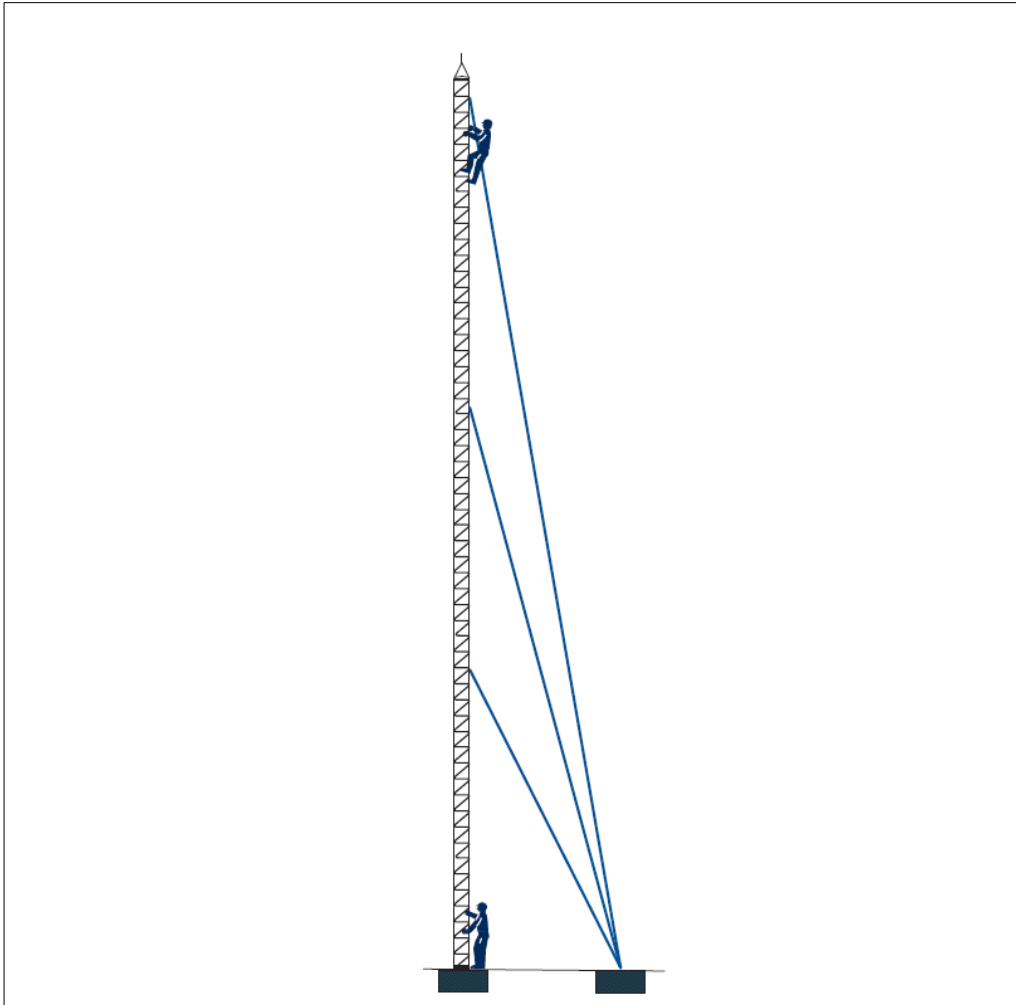


Figura 36 Montaje de torre

Mantenimiento

“Como la torre ha recibido un baño en inmersión en caliente o (Hot Dip), como protección al oxido. Es recomendable comprobar una vez al año el estado de las uniones y la tensión de los vientos para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura”, (TORRES ARRIOSTRADAS 180 – Rover, s/f).

Capítulo 4. Resultados de la Implementación del proyecto en la UNICACH

4.1 Estudio Técnico

4.1.1 Levantamiento de datos para la instalación de la torre en la radio.

Para poder tener un levantamiento adecuado de datos es necesario poner en claro ciertos elementos que componen al proyecto; además de tener el conocimiento de que es necesario una infraestructura de torre que sea arriostrada o atirantada con ciertas características y dimensiones, también es necesario tomar en cuenta lo siguiente con forme la siguiente tabla 3.

Levantamiento de Datos	
Descripción de los Datos	Observaciones
Confirmación de las dimensiones físicas de la torre de telecomunicaciones vistas en la sección 1.7 son las especificaciones básicas generales	Confirmado --vía e-mail
Las dimensiones físicas del elemento radiador	Enviado el documento técnico vía e-mail --
Las características físicas del soporte o herraje del elemento radiador	Enviado el documento técnico vía e-mail --
La potencia aproximada de transmisión.	Enviado el documento técnico 1kw en piso vía e-mail
Confirmación si la torre es para trasmisión de FM y no de AM porque las torres son diferentes	Confirmado FM -- vía e-mail
Confirmación si la transmisión se va a realizar direccional u omnidireccional	Confirmado Omnidireccional vía e-mail
Confirmación si el uso de la torre es experimental o profesional. ejemplo experimental 100watts profesional 10,000watts	Confirmado Profesional vía e-mail
El tipo de guía de onda ej. heliax 7/8"	Enviado el documento heliax de 7/8 Andrew vía e-mail
Confirmar si la torre se ubica dentro o fuera del radio de 10km del aeropuerto más cercano	Confirmado 27.15km vía e-mail y Google maps

Tabla 3 Levantamiento de Datos

De acuerdo con la sección 1.5 y la información que se proporcionó por parte de la UNICACH, fue necesario identificar las especificaciones de la torre mostradas en la sección 1.7 y 3.1.2, con esto se identifica lo siguiente:

a) Las coordenadas del sitio exacto donde será instalada la torre para la radio. Según la sección 1.5 en la figura 2 y figura 3, los datos obtenidos se asientan en la siguiente tabla 4:

Latitud:	16° 46' 39.3" N
Longitud:	93° 07' 17.1" O
Altitud:	595 m

Tabla 4 Coordenadas geográficas.

b) Tener la localización del terreno, según la sección 1.5 en figura 2 y figura 3, con sección 3.2.2 el Grupo B de acuerdo con el tipo de construcción. Según Figura 37 aun sin construcción.



Figura 37 Terreno de UNICACH aún sin construcción

4.1.2 Plano arquitectónico de ubicación

Para la ubicación del edificio de la Radio, para su instalación de la torre de 30 mts dentro de la UNICACH Figura 38.

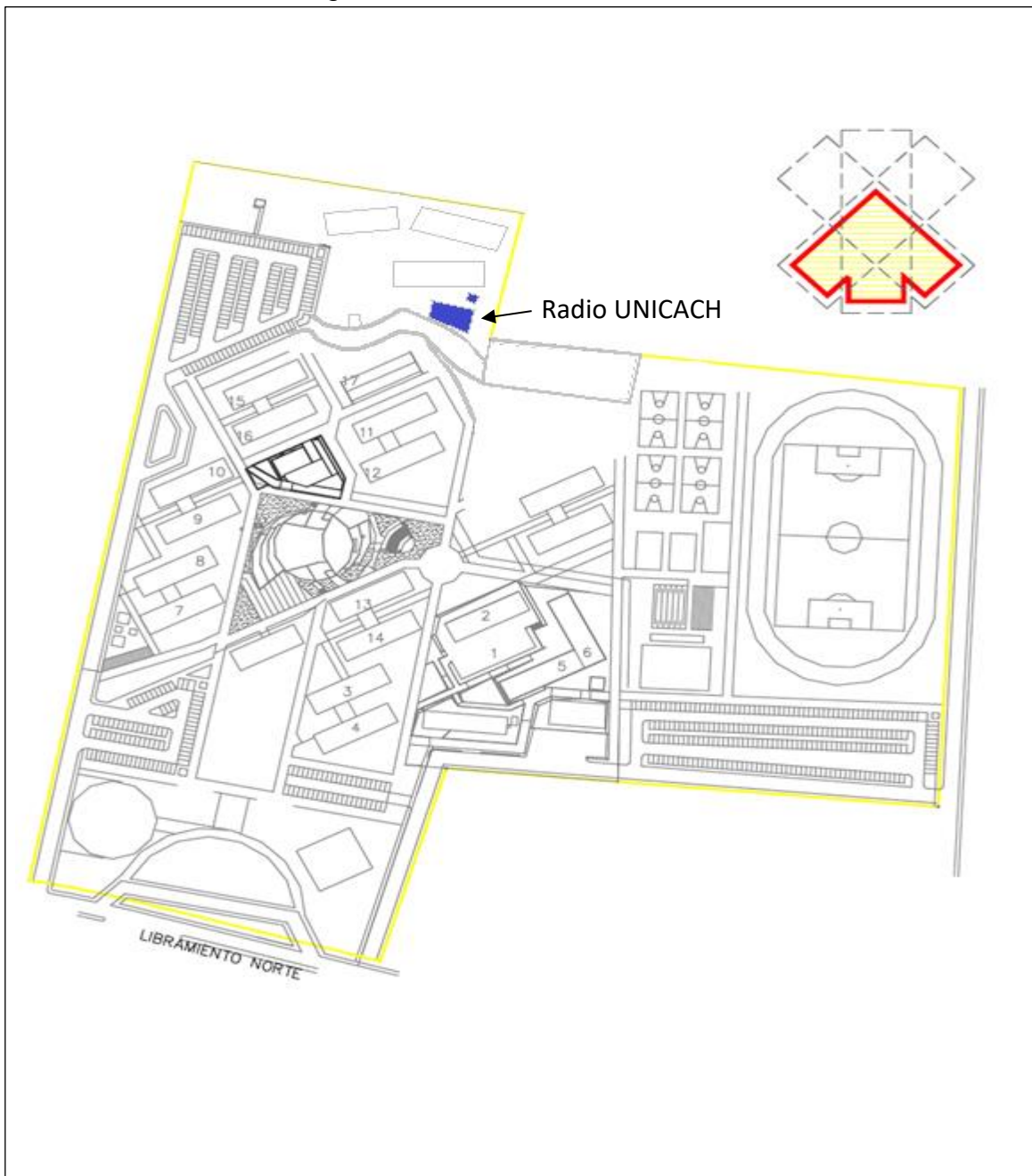


Figura 38. Plano de ubicación de la Radio UNICACH

4.2 Análisis técnico previo

Según la Tabla 4 nos muestra las coordenadas de ubicación exacta del edificio y su instalación de la torre de FM de Telecomunicaciones con el fin de identificar el tipo de clasificación de construcción según su importancia, en cual está en el Grupo B que toma en cuenta a las estructuras con recomendación de un grado de seguridad moderado, son las que si fallan producen un mínimo de pérdida de vidas humanas y en magnitud intermedia en daños materiales, por ejemplo: hoteles, salas de reunión, departamentos, plantas industriales, casas habitación, viviendas, edificios y espectáculos.

Es importante tomar en cuenta las normas del manual de obras civiles por diseño por viento según la sección 3.2 y la figura 31.

También se toma en cuenta de acuerdo con las recomendaciones de la empresa de SYSCOM de donde se toma el presupuesto, esto es un mapa de recomendaciones del material del que está hecha la torre de acuerdo con la zona donde se instala la torre de telecomunicaciones esto en la figura y con esto nos basamos para determinar de mejor manera el tipo de torre y sus características técnicas. Ver figura 39.

De acuerdo la imagen de las figuras 40 y 41 las dimensiones y planos del edificio de la radio UNICACH se muestran las dimensiones arquitectónicas reales, esto tomado del grupo de arquitectos Yaxilan de Tuxtla Gutiérrez con quien se trabajó.

Las dimensiones son 20.71 m. de largo frontal, por 10 m. de ancho lateral y de altura 3.80 m, esto es para tomarlo en cuenta en la instalación de la torre sobre el edificio de la Radio.

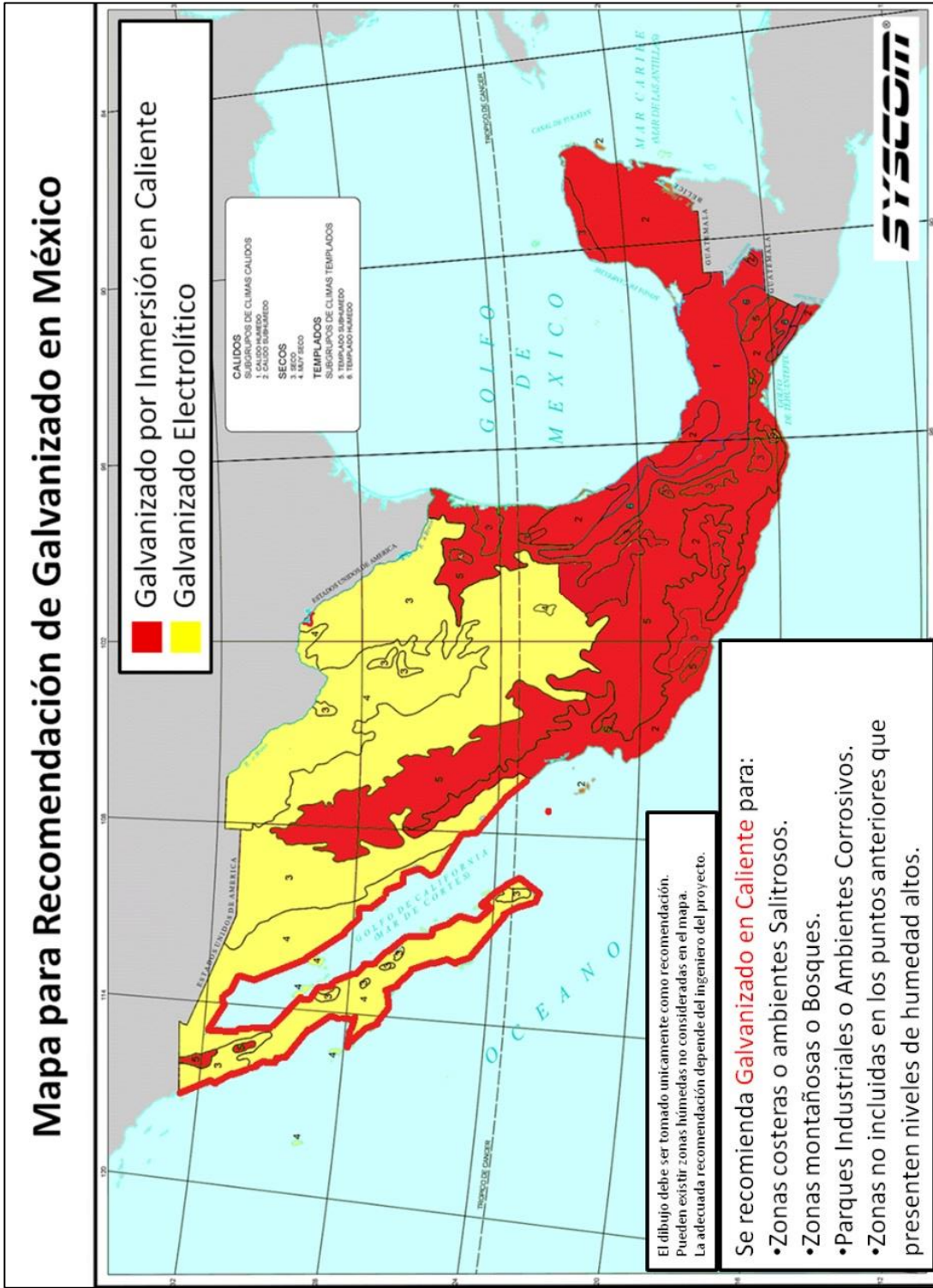


Figura 39. Mapa para recomendación de galvanizado en caliente

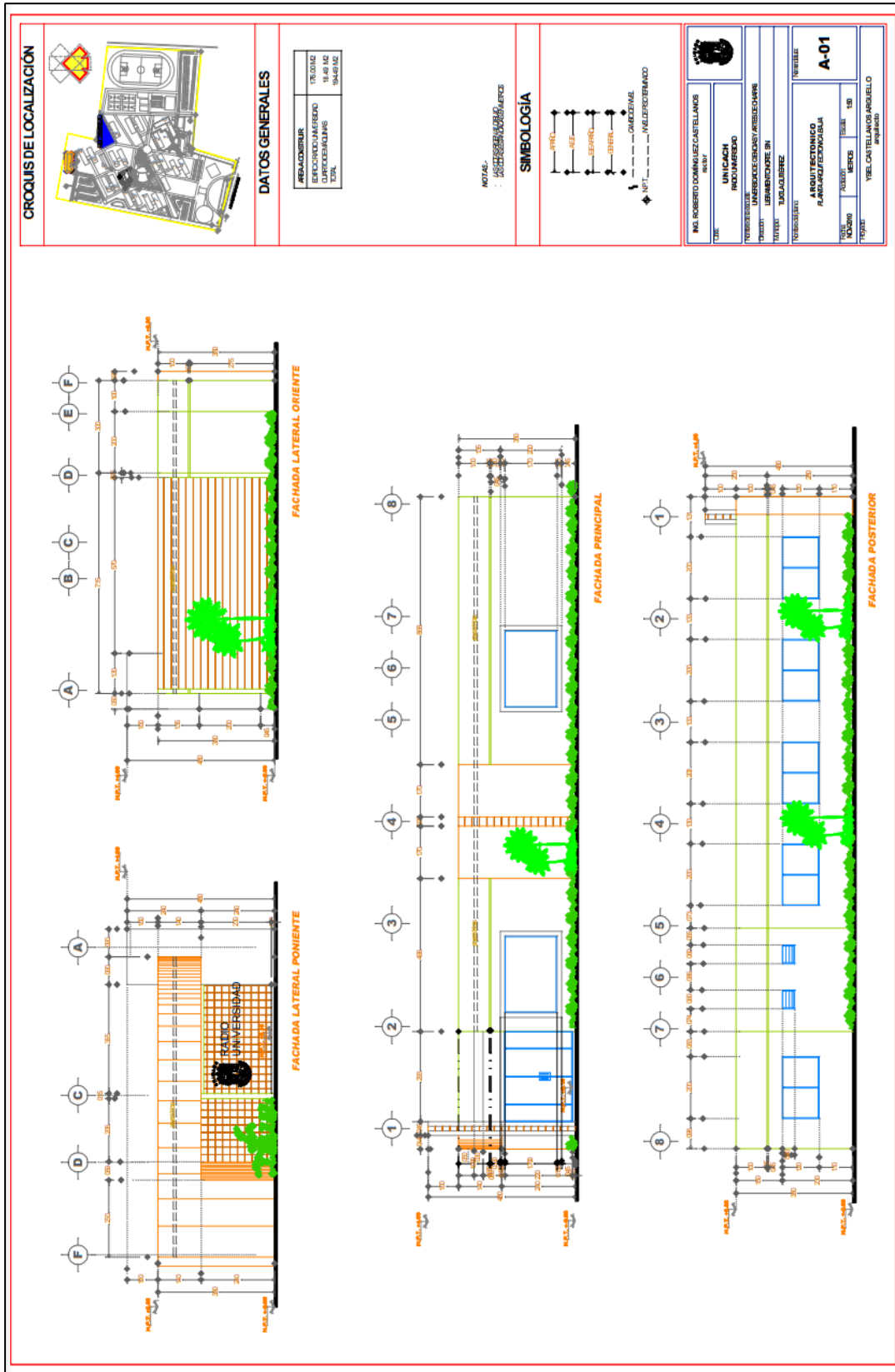


Figura 41. Plano arquitectónico 2 de dimensiones de la Radio UNICACH

En la figura 42 muestra la propuesta gráfica previa del proyecto de la torre de FM de Telecomunicaciones, con antena de 4 elementos y sistema de tierra. La cual muestra los detalles de posición frontal de acuerdo con las medidas del edificio derivado de las figuras 40 y 41.

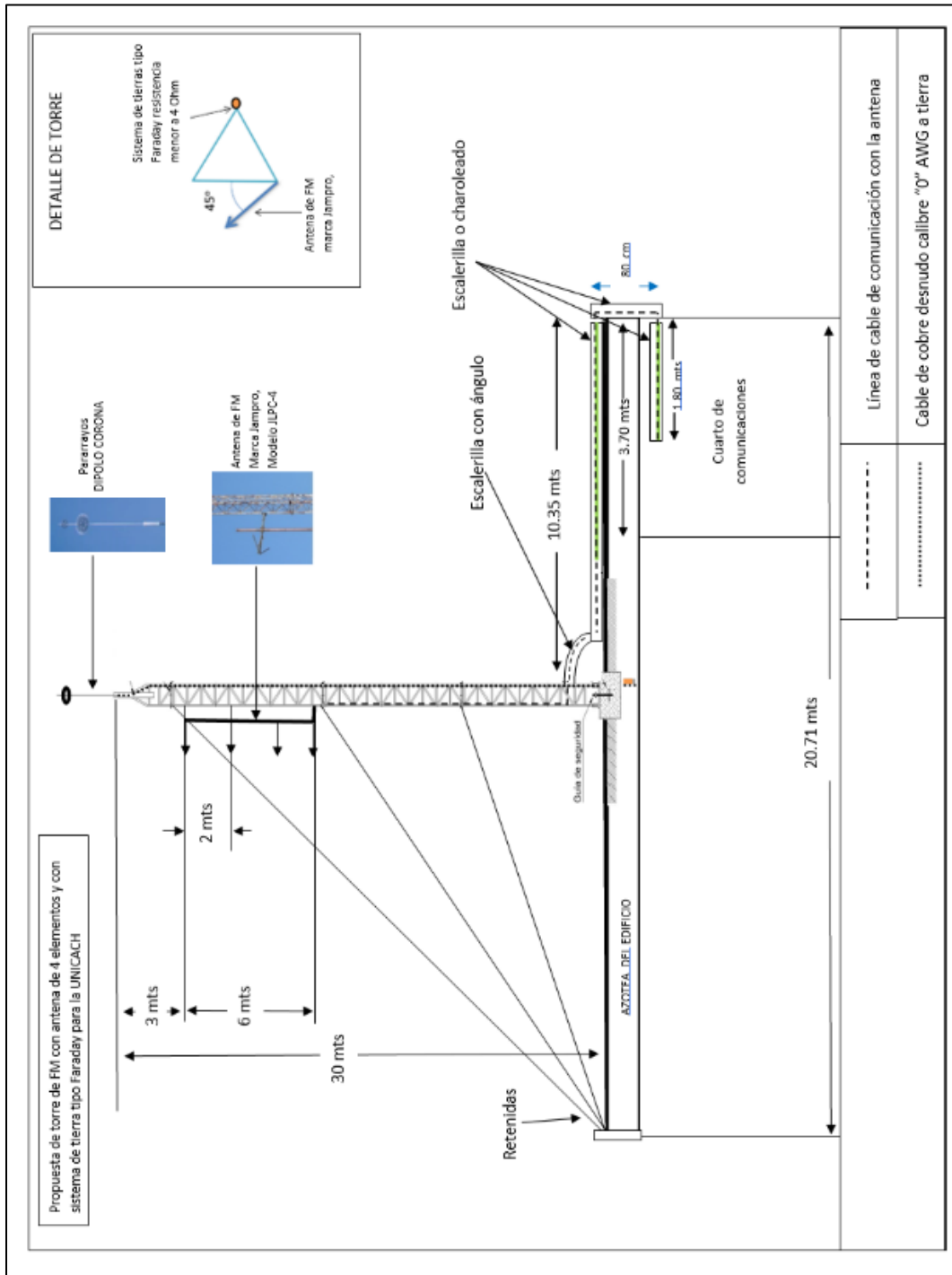


Figura 42. Propuesta gráfica detallada de Torre de 30mts

4.3 Presupuesto inicial

En esta sección se describe e ilustra todos los elementos técnicos y económicos para cumplir con el objetivo general.

Para el desarrollo del proyecto de instalación de la infraestructura de la torre y su equipamiento, requiere realizar inversiones que tienen un presupuesto inicial de \$66,500 pesos, incluyendo la instalación de la torre y sus accesorios.

El detalle de este presupuesto inicial se observa en la figura 43, donde se desglosa cada ítem que muestra el paquete de equipo y su descripción de lo que se está presupuestado, como sigue: TORRE DE TELECOMUNICACIONES TIPO ARRIOSTRADA, ALTURA 30mts, MODELO T30 con un precio de importe de \$27,500 pesos, Instalación de Torre de telecomunicaciones tipo arriostrada, altura 30mts, modelo T30 con un precio de importe de \$15,000 pesos, SISTEMA DE TIERRAS PARA TORRE DE TELECOMUNICACIONES DE 30mts con un precio de importe de \$15,500 pesos, instalación de sistema de tierras para torre de telecomunicaciones tipo arriostrada de 30mts con un precio de importe de \$8,500 pesos.

**COMPUTACIÓN, ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES.**



Para: A QUIEN CORRESPONDA

23 de enero del 2011.

Atención: Ing. Abenamar Abarca Alfaro

Número de cotización: 2600 valida 15 días

Asunto: **COTIZACIÓN DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	TORRE DE TELECOMUNICACIONES TIPO ARRIOSTRADA ALTURA DE 30mts. MODELO: T30 (ancho lateral de 30cm) Incluye: 9 Tramos normales 1 Tramo remate 1 Base con ancla "L" 3 Juegos de "Y" 440 Mts. de cable de acero 3/16 3 Anclas de 1/2 60 Nudos 3/16 18 Rozaderas 60 Tornillos 1/4 x 1" 1/4 1 Juego de luces de obstrucción 1 Fococelda con base y ménsula 36 Mts. de cable uso rudo 2x16 3 Juegos de placas igualadoras de esfuerzos 15 Tensores de 3/8 x 6" doble ojo 1 Triángulo estabilizador Mod. T-30	\$ 27,500.00	\$ 27,500.00
1	Instalación de torre de telecomunicaciones de 30 Mts de altura, tipo arriostrada T30	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00
1	SISTEMA DE TIERRAS PARA TORRE DE TELECOMUNICACIONES de 30mts incluye: 1 Pararrayos tipo dipolo 40 Mts. de cable de cobre 1 Varilla copperweld 15 Abrazaderas sin fin 1 Tubo de aluminio 1 Conector mecánico 1 Bulto de gem	\$ 15,500.00	\$ 15,500.00
1	Instalación de sistema de tierras para torre tipo arriostrada de 30mts	\$ 8,500.00	\$ 8,500.00
OBSERVACIONES: No se cotiza la obra civil de la base de la torre, ni de las anclas. Los precios no incluyen IVA			

Esperando satisfacer la realización de sus proyectos quedo de Ud.

Atentamente:

Francisco Javier Guzmán Quizihuitl

123 poniente Edificio 12109 Depto. 104D Col. Fuentes de San Bartolo. Puebla, Pue. Mex.
 Tel.: 01 (222) 3952535 Fax 3952535, Cel.: 044 2221 022238 jaimemones@yahoo.com
0459671307645@ingenieria@hotmail.com 044 2221 672506

Figura 43. Presupuesto inicial para proyecto de torre

4.4 Generador de Obra

En esta sección se desglosa el material a detalle se tiene considerado dentro del proyecto, para su instalación. De acuerdo con los requerimientos arquitectónicos es necesario conocer el peso total de la torre con sus accesorios para cimentación y las características de los dados tanto central y de las anclas.

Peso Total de la Torre

Ahora, se muestra la tabla 5 el desglose de peso total de la torre y sus accesorios que sirve para la cimentación y que calcula el ingeniero civil de la obra en este caso las dimensiones de los dados central, de retenidas y su fuerza de carga.

Cantidad	Descripción	Peso (kg)	Importe (kg)
10	Tramo torre T30	22	220
1	Remate o copete	40	40
1	Triangulo antitorción	40	40
1	Kit tornillería	60	60
1	Kit herrajes y cable de acero para retenidas	160	160
1	Pararrayos	40	40
1	Cable "0" 30mts	15	15
1	Luces de obstrucción con cable	30	30
1	Herraje para soporte de antena FM	60	60
1	Antena FM	150	150
1	Guía de onda heliax 7/8" 30mts	15	15
	Total, kg		830

Tabla 5 Desglose peso total de Torre y accesorios

Con estos datos de acuerdo a la tabla 5 el total de kilogramos es de 830 kg el cual se recomienda con retenidas tomar números cerrados a 1500kg o igual a 1.5 ton. de peso que ejerce la torre sobre la losa o azotea del edificio de la radio, aunque es distribuido en cada uno de los dados como lo muestra en la sección 3.6 y figura 33.

Con lo anterior del peso total es importante también tomar en cuenta la resistencia y tipo de concreto sobre el cual se monta la torre como en la tabla 6 de recomendaciones de Syscom. Todos estos datos sirven para supervisión de la cimentación en el momento de la obra con el ingeniero civil de la obra.

Resistencia y Tipo de Concreto	Aplicación
<i>f'c 100 kg/cm²</i>	Firmes, Plantillas
<i>f'c 150 kg/cm²</i>	Dalas y Castillos
<i>f'c 200 kg/cm²</i>	Losas de entrepiso
<i>f'c 250 kg/cm²</i>	Columnas y Trabes
<i>f'c 300 kg/cm²</i>	Pre esforzados

Tabla 6 Recomendaciones de Syscom en resistencia y tipo de concreto

La tabla 6 muestra la resistencia y tipo de concreto en donde $f'c$ es la fuerza de compactación del concreto y también se muestra cada una de sus aplicaciones, por lo que la recomendación para el caso de este proyecto es de 250 kg/cm² ya que no solo es sobre losa de entrepiso sino también columnas y trabes. Junto con esta información se completa una Memoria Descriptiva y de cálculos hechos por el ingeniero civil que se muestran en el ANEXO 1.

4.5 Obra civil Base torre y especificaciones.

Esta etapa debe ser realizada por parte del ingeniero civil basándose en los parámetros antes mencionados, así como las recomendaciones dadas por Syscom. "Con especificaciones técnicas de manuales que a continuación se dan las más relevantes y el resto se mostrara en el ANEXO 2.

“Base de torre SBA-30G

Las especificaciones generales nos indican que es el punto donde se asienta la torre, de forma triangular, no se recomienda instalar con taquetes figura 44.



Figura 44. Base de torre

- Material: Placa base acero 1/4"
- Niple de acero 3/4"
- Galvanizado: Inmersión en caliente.
- Producto Elaborado Bajo Normas ISO 9000.
- Para mayor información ver el ANEXO 2

Ancla de Acero Inoxidable en “L” para base de torre SAB-30G

Es la parte que se ahoga en el concreto y evita que la torre se desplace lateralmente, Ver la figura 45.



Figura 45. Ancla de acero inoxidable en “L”

- Ancla de varilla roscada 3/4” x 8”
- Acero galvanizado por inmersión en caliente
- Su aplicación es para exteriores”, (SYSCOM, s.f.). Ver ANEXO 2.

La construcción de dado para desplante de antena, a base de concreto de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$, aditivos *Fester Grout* y *Fester Bond*, medidas de 50 x 60 x 50 cm, armado con varilla de 3/8" @15 cm en ambos sentidos y perno de fijación de 5/8" al centro del dado para la recepción de la torre. incluye: suministro de materiales, fletes, trazo, preparación de la superficie, nivelación, elaboración de concreto, cimbrado, descimbrado, armado, mano de obra, herramienta, equipo, limpiezas en el área de trabajo, acarreo verticales y horizontales hasta el sitio de su vaciado, dentro y fuera de la obra y todo lo necesario para su correcta ejecución en horario normal. Detalle en figura 46

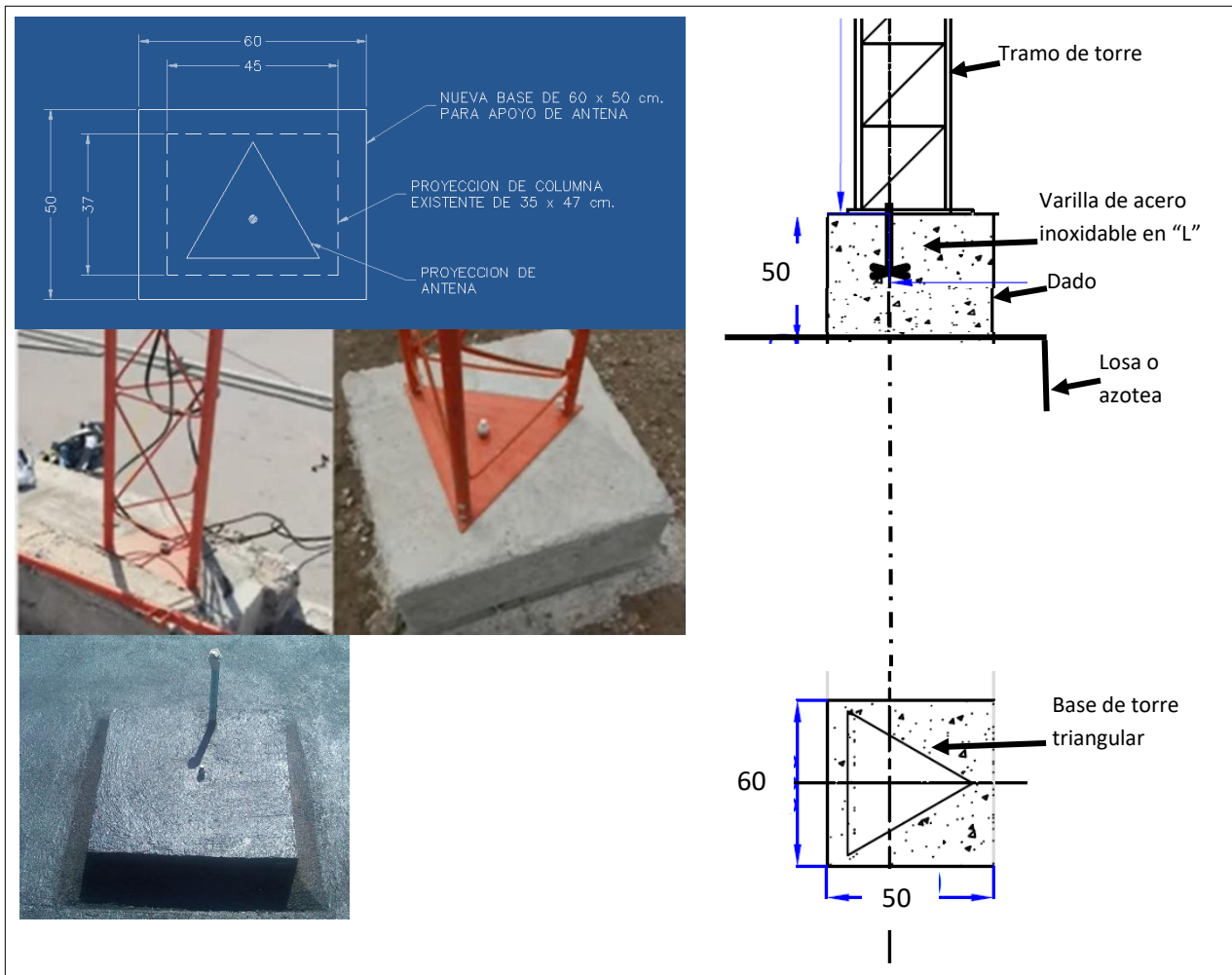


Figura 46. Detalle de dado, base de torre y Ancla en "L"

“Ancla Para Retenida de torre de 30mts SAP-02

Según (SYSCOM, nd, p. El 90% de su cuerpo queda enterrado en el concreto, la torre que se seleccione dimensiones de anclaje y cimentación ver figura 47.



Figura 47. Ancla para Retenida de torre de 30mts

- Ancla de piso de 1/2" x 36"
- Material: Varilla Redonda Lisa 1/2"
- Longitud: 92 cm (36")
- Diámetro de argolla: 13.6 cm (5.3")
- Peso: 1.5 Kg
- Producto elaborado bajo ambiente ISO 9001-2015
- Ver ANEXO 2.

La construcción de dado para anclas y sujeción de tirantes de torre, a base de concreto de $f'c=250$ kg/cm² con aditivos *Cemento Grout*, de 45 x 45 x 15 cm, armado con varilla de 3/8" @15 cm en ambos sentidos y barrenos de 1" y profundidad de 50 cm para la recepción de varilla de 3/4", colada con *Cemento Grout / Fester Grout nm* en barrenos de varilla", (SYSCOM, s.f.). Ver figura 48.

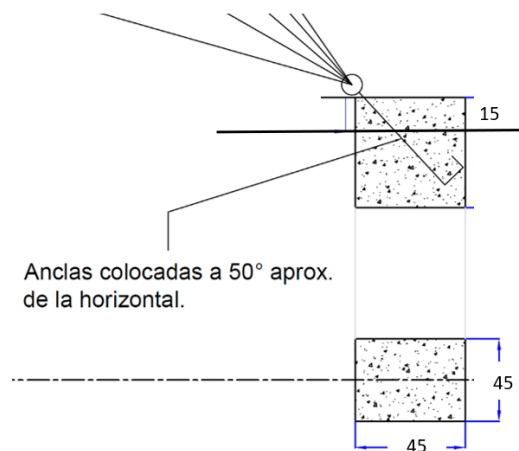


Figura 48. Detalle Ancla de piso para Retenida de torre

“Tramo de Torre STZ-30G

De acuerdo a (SYSCOM, nd, p. Tramo de torre Arriostrada de 3m x 30cm, hasta 30mts de altura, con aplicaciones de sistemas Punto – Punto, sistema Punto – Multipunto. Radio bases y de repetición. Ver figura 49.

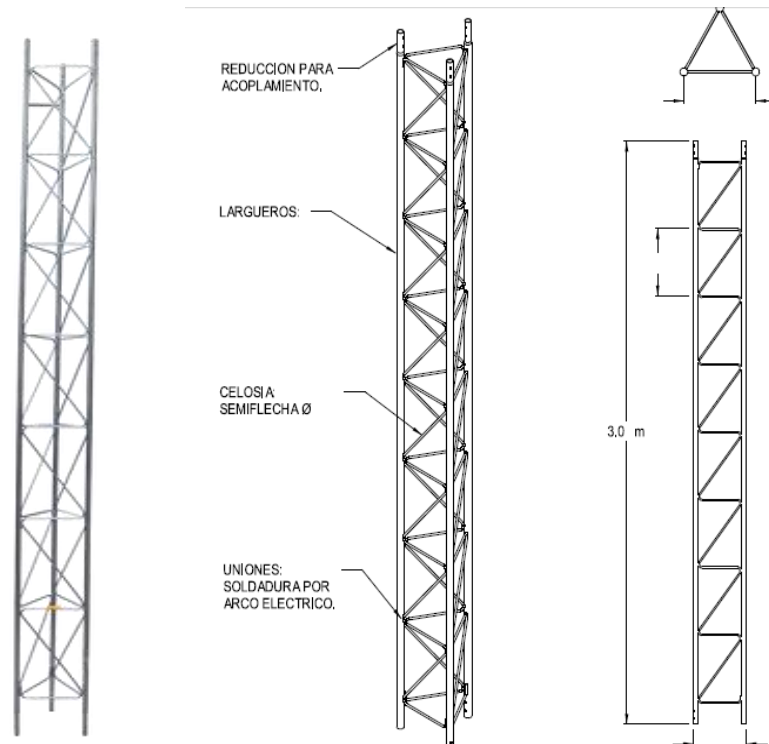


Figura 49. Tramo torre STZ-30

- Altura máxima para torre 30 m
- Resistencia al viento* 200 km/h.
- Material Acero (A-36)
- Construcción: Tubo industrial 7/8” calibre 18
- Ancho de cara 30 cm
- Peso unitario 13.5 kg.
- Altura efectiva 3m
- Carga máxima 200 kg”, (SYSCOM, s.f.). Ver ANEXO 2.

“Tramo de Remate (Copete) para Tramo STZ-30G PG

Todos los tramos están hechos en formadores de alta precisión por lo cual la torre quedará perfectamente recta y vertical sin necesidad de ajustes. Se recomienda el uso del remate para proteger su torre del agua y de la lluvia en el interior. Figura 50.



Figura 50. Tramo de Remate

- Componentes de Copete / Punta / Remate:
- Piernas de Tubo industrial 7/8" Cal.18
- Tubo central 2" Cal. 18 con 3 opresores para recibir puntas pararrayos.
- Galvanizado por Inmersión en Caliente.
- Producto Elaborado Bajo Normas ISO 9000", (SYSCOM, s.f.). Ver ANEXO 2.

4.6 Notas Técnicas destacadas

- “Producto elaborado bajo norma: ISO 9001:2015.
- Cada uno de los tramos es fabricado por maquinaria de control numérico.
- Incluye tornillería para su instalación. Ver ANEXO 2
- Recomendado para Zonas Húmedas o en ambientes con corrosión moderada.
- Acorde a la norma de galvanizado por inmersión en caliente NMX-H-004-SCFI-2008, ASTM A-123 y ISO-1461.
- Asegurar que la instalación sea realizada por un profesional capacitado.
- Programar un plan de mantenimiento para revisión de tensiones en retenidas y ajuste de tornillería.
- No instalar paneles solares a más de 6 metros de altura. Revisar la compatibilidad entre celdas solares y montajes.
- Debe de realizarse un estudio de esfuerzos cuando se coloque una carga excéntrica en torre. Ésta puede causar torsión y flexión excesiva en torre causando fallas estructurales.
- Toda antena de plato debe llevar como accesorio el radomo para reducir el arrastre del viento.
- No se recomienda el uso de platos de más de 2 pies (60 cm) de diámetro en esta torre (revisar con ingeniería)”, (SYSCOM, s.f.).

4.7 Advertencia

- “El galvanizado por inmersión en caliente es recomendado, para zonas húmedas, ambientes salitrosos y/o corrosión, parques industriales con liberación de gases con forme la figura 39.
- La torre debe ser pintada de acuerdo con (al menos) la especificación CFE D8500-02 (7 Franjas simétricas de colores naranja y blanco intercaladas, empezando y terminando en color naranja o CODA 001/ 2010.
- Debe incluir alumbrado nocturno, al menos dos luminarias una a la mitad y otra en la parte superior CODA 001/ 2010.
- Se debe aterrizar bajo Normativa NOM-001-SEDE-2012 Art 250.
- Se recomienda en todo momento seguir las recomendaciones de instalación de retenida, figura 51”, (SYSCOM, s.f.) y ANEXO 2.

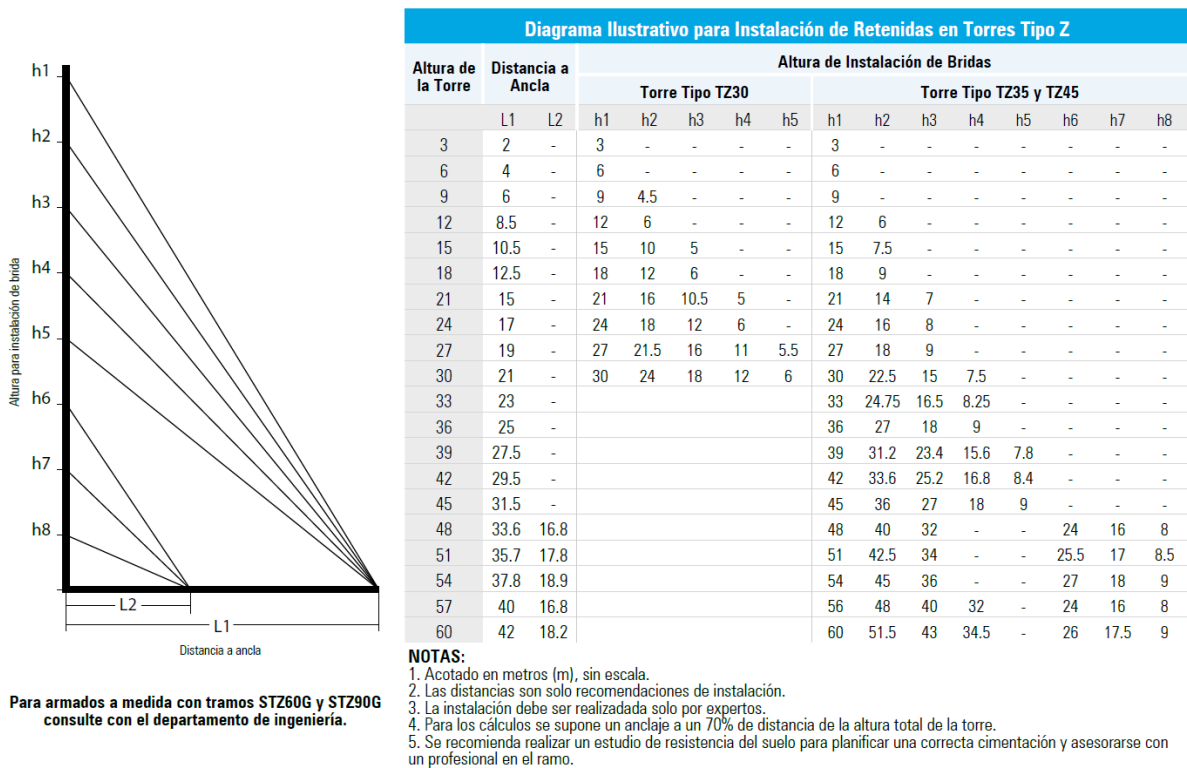


Figura 51. Recomendaciones 1 instalación Syscom

4.8 Recomendaciones de instalación Syscom

Calculo correcto entre los espacios y las retenidas

La distancia al anclaje debe ser del 70% al 50% de la altura de la torre, como en la figura 52, las retenidas están diseñadas para atirantarse en tres direcciones y considerar un 10% como margen de error.

La separación angular entre retenidas es de 120° se puede considerar una tolerancia de 10° como margen de error.

En esta etapa los márgenes de error se deben tomar en cuenta con el ingeniero civil de la obra, el arquitecto y el ingeniero en telecomunicaciones por las especificaciones de la torre y de acuerdo con la obra del proyecto. Ver figura 52, (SYSCOM, s.f.).

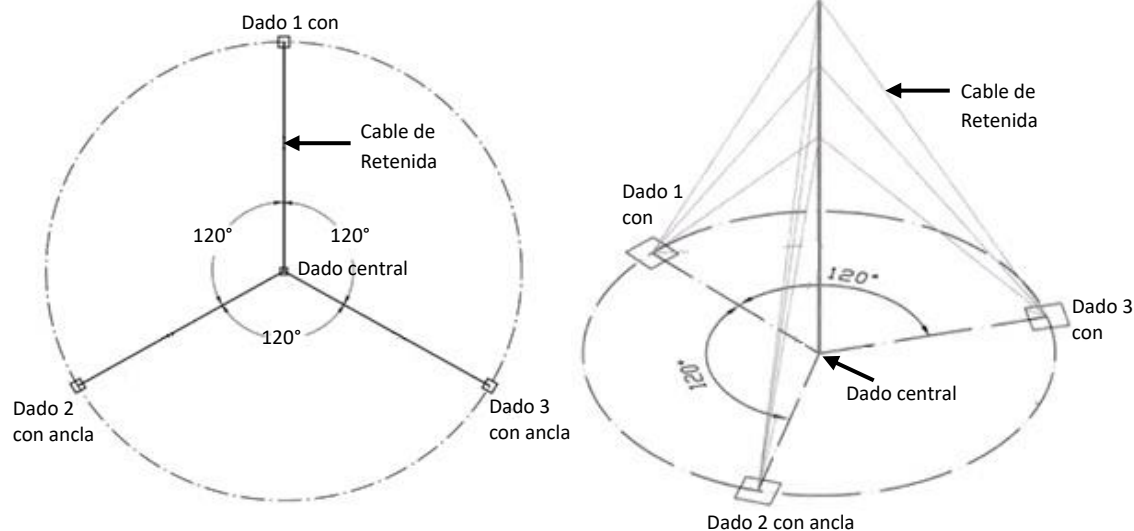


Figura 52. Recomendaciones 2 instalación Syscom

“Otro calculo correcto de los espacios y la retenida, es utilizando el Teorema de Pitágoras para un triángulo rectángulo es aquel que tiene un ángulo de 90°.

Los dos lados que forman el ángulo recto se llaman catetos, el lado opuesto y más largo se llama hipotenusa. De acuerdo con las figuras 48 y 49 se toma en cuenta las recomendaciones junto con la Teoría de Pitágoras la letra **a** representa la retenida de la torre los cálculos servirán para calcular el número de metros requeridos en caso para una torre de 30mts ya viene un kit ver figura 53”, (SYSCOM, s.f.).

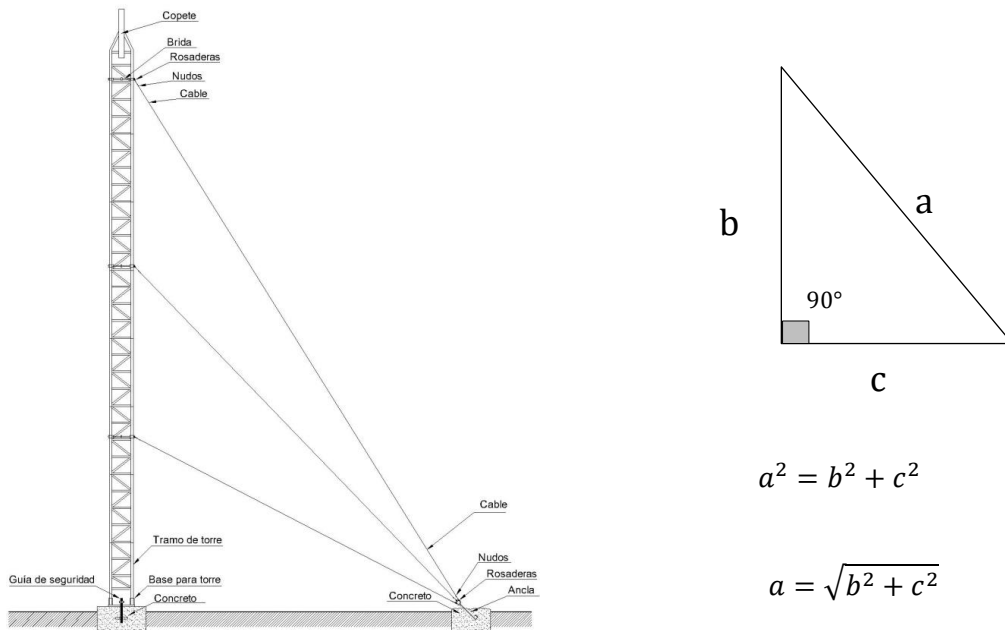


Figura 53. Recomendaciones 3 instalación Syscom

Cálculo de tensión

Normalmente la tensión de ajuste de una retenida se mide a través de un Tensiómetro, se evalúa apretando el cable contra dos guías. Se recomienda tensiones cercanas al 5% de tensión referida a la resistencia máxima. Como ejemplo se tiene una retenida de 3/16" y tiene 1,293.9 kgf. La tensión recomendada sería: 64kgf máximo. Ver ANEXO 3 y Ver Figura 54, (SYSCOM, s.f.).

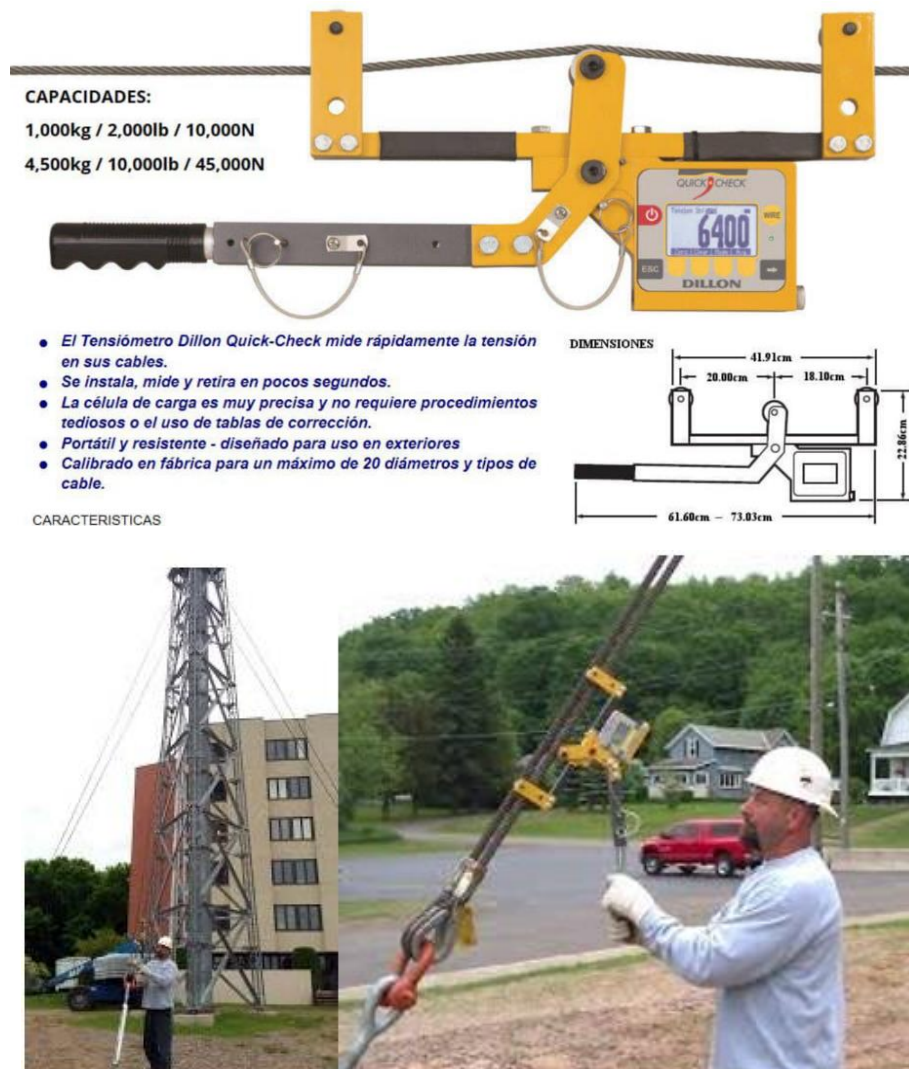


Figura 54. Recomendaciones 4 instalación Syscom

Cálculo de tensión directos e indirectos

Para cada caso viene la explicación en la figura 55 que nos muestra los métodos a utilizar para tensar.

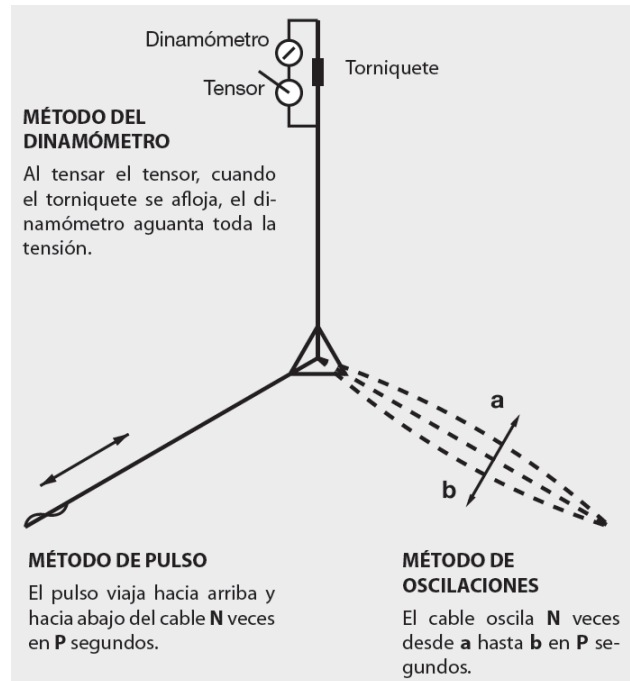


Figura 55. Recomendaciones 5 instalación Syscom

Otra recomendación para la correcta colocación e instalación es necesario colocar la cantidad y dirección correcta de los nudos o perros. Ver figura 56, (SYSCOM, s.f.).



Figura 56. Recomendaciones 6 instalación Syscom

4.9 Plano arquitectónico de la torre.

Ahora, se muestra el plano arquitectónico con los requerimientos de medición e instalación para torre arriostrada de la Radio UNICACH.

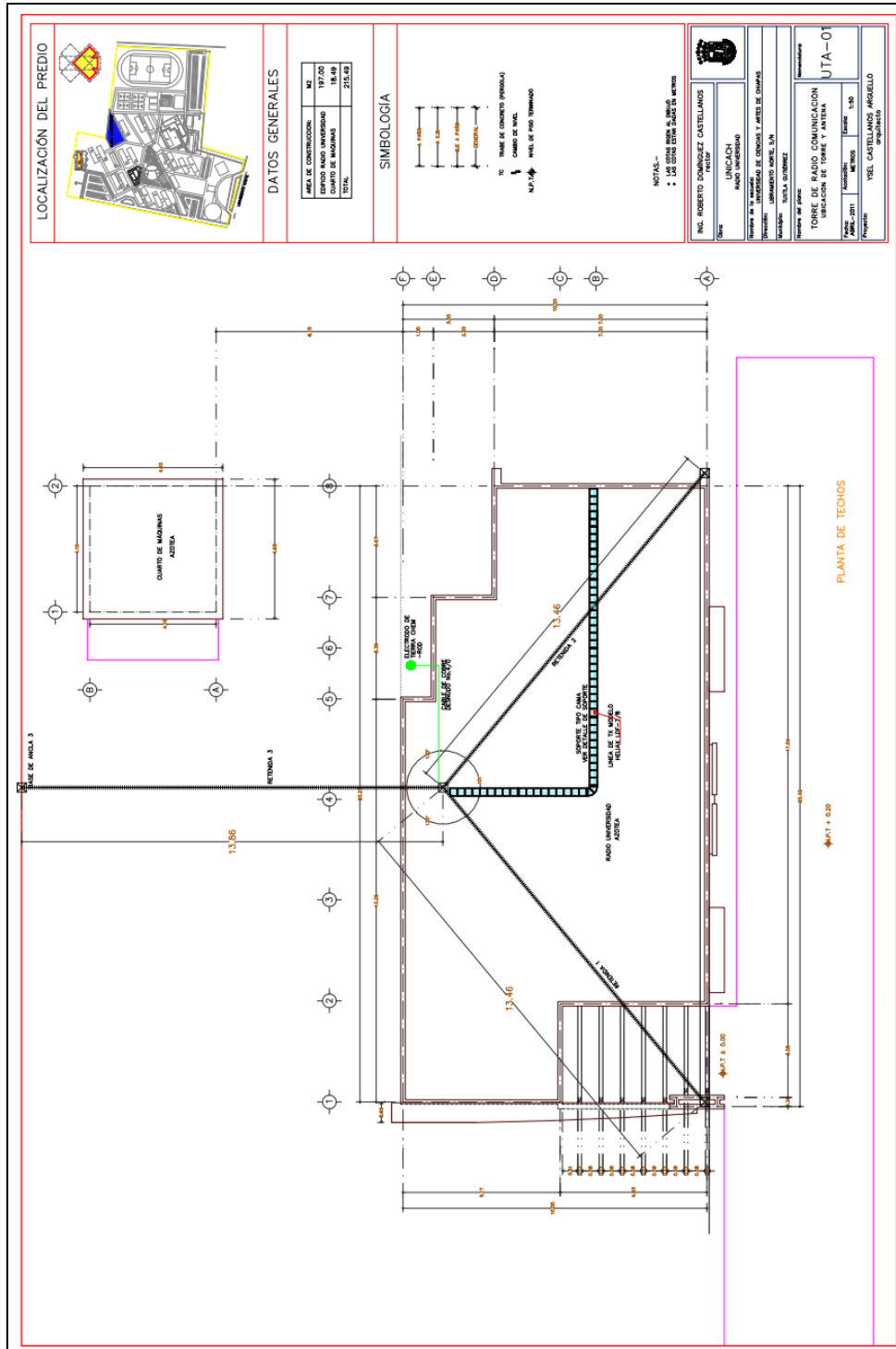


Figura 57. Plano arquitectónico de la torre vista desde arriba

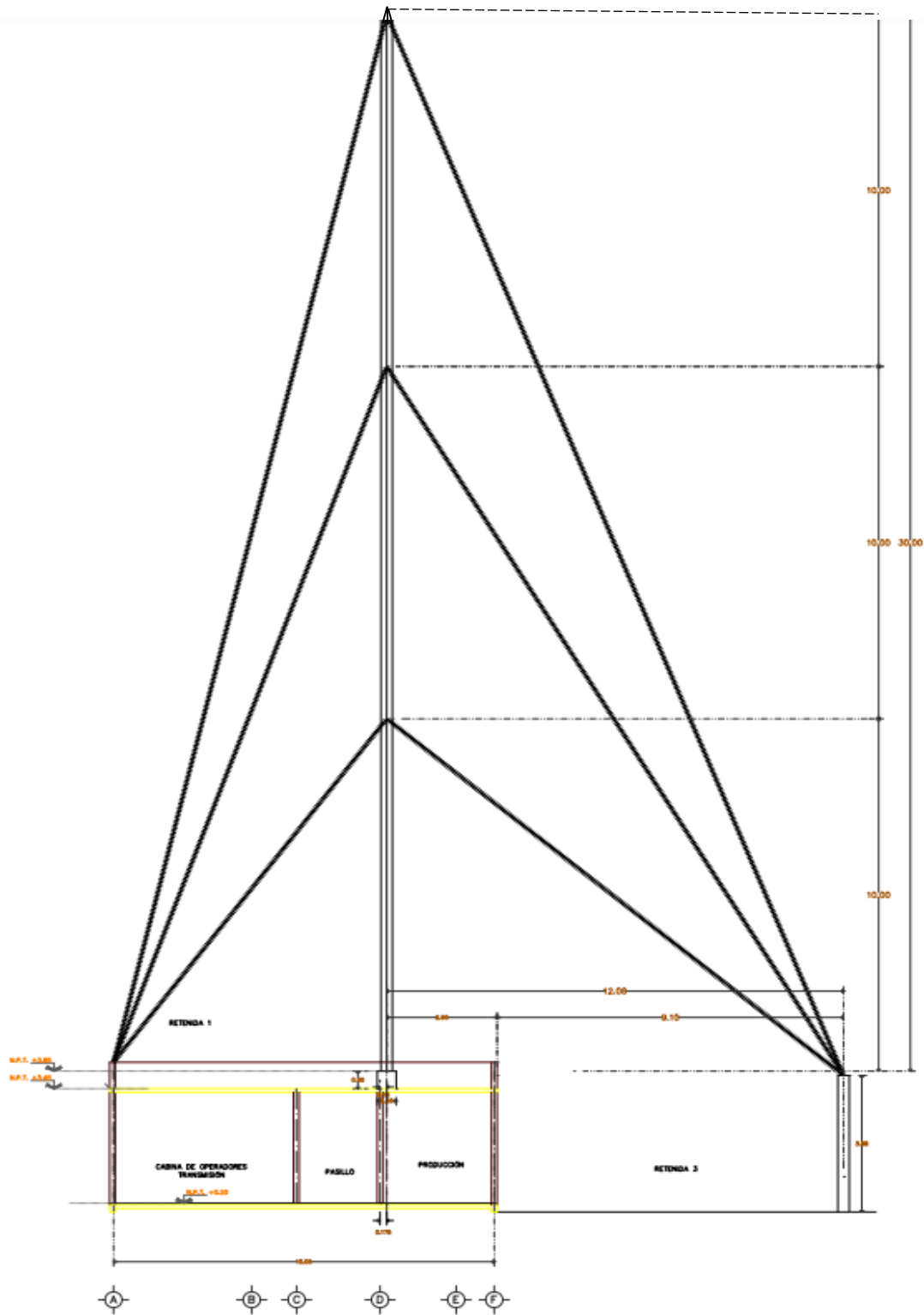


Figura 58. Plano arquitectónico de la torre vista lateral

Capítulo 5 Resultados

Después de que se revisa la parte de cimentado de los dados de torre y anclas

5.1 Detalle del dado en azotea

En la figura 59 y 60 se muestra el detalle del dado de la azotea se muestra terminado en donde se incluye una salida para la tierra física, en la figura 60 también se puede apreciar en la esquina del edificio el ancla número 1 de la torre y en el plano arquitectónico de la figura 58.



Figura 59 Detalle del dado de azotea



Figura 60 Detalle del dado y en el círculo el ancla número 1

5.2 Detalle de anclas

En la figura 61 se muestra el detalle del ancla número 2 en el círculo amarillo, fraguado o ahogado en el muro sin techo con armado de varilla y también el ancla número 3 según figura 62 y el plano arquitectónico de la figura 57 y figura 58.
ANEXO 2



Figura 61 Detalle 1 de ancla número 2



Figura 62 Detalle 2 de ancla número 3

5.3 Detalle torre con pintura de normativa

En las figuras 63 se muestra el detalle de los colores por normativa adicional en la bibliografía, así mismo también en la figura 64 se muestra el aspecto final.



Figura 63 Detalle 3 de colores oficiales en torre y edificio terminado



Figura 64 Detalle 4 aspecto final

Conclusiones

El presente manual concluye en el alcance del objetivo principal logrando los siguientes puntos:

- Para poder obtener el proyecto de instalación de la torre de telecomunicaciones como objetivo principal, fue necesario conocer sobre licitaciones, de la página de CompraNet, de la comunicación entre la UNICACH y SUNSOFT y después de varias juntas se dio por adjudicación directa.
- Por parte de la UNICACH se da a conocer las especificaciones básicas generales y requisitos de la torre de telecomunicaciones de 30m y así mismo su implementación y utilidad.
- El previo conocimiento en telecomunicaciones es importante para la implementación y aplicación de la misma en la radio, de acuerdo con esto se implementa de la mejor forma y dinámica posible de acuerdo al sitio y estándares establecidos.
- El conocimiento en los tipos de torres de telecomunicaciones para poder discernir cuál de ellas es la mejor opción y su aplicación, para este caso se utilizó una torre atirantada o arriostrada de galvanizado por inmersión en caliente.
- Se tomó en consideración el procedimiento sugerido por el manual para diseño por viento de la CFE, en el cual están las consideraciones de las normas mexicanas, clasificación de la estructura, categoría del terreno, cargas, etc.
- Con lo anterior se pudo iniciar la etapa de levantamiento a través de un estudio técnico y el plano arquitectónico de ubicación, presupuesto inicial, generador de obra, todo basado en normas mexicanas, notas técnicas, advertencias, cursos y recomendaciones de la empresa Syscom.
- Después se muestra los resultados de los detalles como queda cada dado donde se monta la torre y anclas de la torre terminada.

Retos

Mis bases y conocimientos adquiridos en la Facultad de Electrónica a través de las materias y profesores en Comunicaciones me han permitido ser parte de este campo laboral en nuestro país; que es importante y que esta en constante cambio.

En el área de telecomunicaciones cada proyecto es diferente y este no fue la excepción, mi reto principal fue que este era mi primer proyecto de un modo más personal como contacto directo, y aprendí a construir mi propio criterio.

Se aborda temas de análisis para selección de torres y sus materiales con conocimiento previo en Comunicaciones, utilizando por ejemplo Mapas Isotacas de CFE, Normas Mexicanas y de Syscom.

No existe un plano arquitectónico único a seguir ya que siempre hay cambios en la obra que harán que la Torre de Telecomunicaciones sufra también cambios en su instalación siguiendo las normas, estándares y así mismo llevar a cabo la culminación de la Radio UNICACH que aun se encuentra en funcionamiento.

Este manual puede servir para futuros trabajos de instalación de Torres Telecomunicaciones para radios universitarias.

Bibliografía.

Libros consultados

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Pearson Educación.

Stremler, F. G. (1998). *Introducción a los sistemas de comunicación*.

Referencias electrónicas

Colaboradores de Wikipedia. (2024, 25 enero). *Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas*.
Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_de_Ciencias_y_Artes_de_Chiapas

Facebook. (s. f.). Obtenido de <https://www.facebook.com/unicachverde/posts/historia-de-la-unicachfue-fundada-el-15-de-mayo-de-1944-inicialmente-como-el-ins/180879442316510/>

UNICACH - Universidad Ciencias y Artes de Chiapas |MEXtudia. (2022, 1 septiembre).
Mextudia. Obtenido de <https://mextudia.com/universidades/unicach/>

Listen to Radio Universidad 102.5 Unicach FM. (s. f.). Zeno.FM. Obtenido de
<https://zeno.fm/radio/102-5-unicach-fm/>

Vise, C. (s. f.). *Cómo funciona una licitación en el sector de la construcción*. Obtenido de
<https://blog.vise.com.mx/como-funciona-una-licitacion-en-el-sector-de-la-construccion>

Compranet. (s. f.). Obtenido de <https://compranet.hacienda.gob.mx/web/login.html>

Santamaria, R. S. C. (s. f.). *El transistor y su importancia*. Scribd. Obtenido de:
<https://es.scribd.com/document/461175802/El-transistor-y-su-importancia>

Colaboradores de Wikipedia. (2024b, enero 24). *Frecuencia modulada*. Wikipedia, la
Enciclopedia Libre. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_modulada

Página nueva 1. (s. f.-b). Obtenido de: <https://www.coimbraweb.com/index.htm>

Antenas de Transmisión. (s/f). Blogspot.com. Obtenido de:
<https://antenas13.blogspot.com/p/tipos-de-antenas.html>

(S/f-b). Obtenido, de
<http://chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/61a7314991bf4a6ebb5f0a43e4b2ae83/content>

*Radio broadcast Signals. (s. f.). Obtenido de
<http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbasees/Audio/radio.html>*

*SYSCOM - Todo en Sistemas de Emergencia, Seguridad y Comunicación. (s. f.).
Obtenido de <https://www.syscom.mx/>*

*Rover, S. (1993). Torres Arriostradas 180, instrucciones para el montaje. Madrid E.
Obtenido de [https://www.yumpu.com/es/document/view/43308465/
torres-arriostradas-180-rover](https://www.yumpu.com/es/document/view/43308465/torres-arriostradas-180-rover)*

ANEXOS

ANEXO 1 MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULOS HOJA 1

MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULOS.

OBRA: APOYO EN BASES PARA TIRANTES TORRE ARRIOSTRADA
33.0 MS DE ALTURA.

UBICACIÓN: LOSA O AZOTEA EDIFICIO

I.- DESCRIPCION:

INSTALACION DE TORRE ARRIOSTRADA (CON TIRANTES) DE 33.0MS DE ALTURA, COLOCADA EN AZOTEA DEL EDIFICIO "SKY" PORTALES. SU CONFIGURACION ES TRIANGULAR DE 35CM/CATETO, TIPO LIGERA, UNIDA EN TRAMOS DE 6.0 Y 3.0MS POR MEDIO DE BRIDAS Y TIRANTES PESO PROPIO MENOR A 60KG/ML (PESO TOTAL MENOR A 2.0TON) APOYADA EN BASE DE CONCRETO ARMADO $f_c=250\text{KG/CM}^2$, DADO DE 50X60 CM DE BASE Y ALTURA DE 50CM ($P_p = 0.5 \times 0.6 \times 0.5 \times 2.4 \text{ T/M}^3 = 360\text{KG}$) EØ3A 15CM EN DIRECCION X, Y y Z. ANCLADO A VARILLAS DE COLUMNA EXISTENTE (5) (D) EN AZOTEA, CON DIMENSIONES DE 47 X 35CM ($h > 20\text{CM}$) SOBRESALIENDO EN ACTUAL RELLENO ENLADRILLADO DE IMPERMEABILIZACION CON AL MENOS 8 VARILLAS Ø 5/8" A.R. ESTE NUEVO DADO CON CONCRETO ADICIONADO CON ADHESIVOS DE UNION E IMPERMEABILIZACION DE CONCRETO NUEVO A VIEJO (ADHECON, FESTERBUND O SIMILAR) Y DE IMPERCON, FESTERGAL O SIMILAR IMPERMEABILIZANTE. LA ESTABILIDAD DE LA TORRE DE 33.0MS DE ALTURA ANTE VIENTOS DE $V=160 \text{ KM/HRA}$. SEGUN ESPECIFICA EL COLOCADOR DE LA TORRE (EL REGLAMENTO DEL D.D.F. ESPECIFICA VIENTO MAYOR A 80 KM/HRA. PARA CONSTRUCCIONES NORMALES, Y CON INCREMENTO DE AL MENOS OTRO 50% PARA EDIFICIOS PUBLICOS, POR LO QUE ES CORRECTO EL VIENTO DE HASTA 160 KM/H). DE DATOS DE LA INSTALACION, LAS RETENIDAS (SIEMPRE TENSION) SON CABLE DE ACERO A.R., DIÁMETRO DE 3/16" o 1/4" CUYA TENSION DEL VIENTO EXTREMO EN CUALQUIER CABLE NO SERA MAYOR A: $T = Af = 0.785 \times 0.475^2 \text{ CMX}2.8\text{TON/M}^2 = 0.495 \text{ TON}$. CON ESTO SE DISENARAN LAS BASES, TAMBIEN SOBRE COLUMNAS DE CONCRETO EXISTENTE EN AZOTEA, SEPARADOS MAS DE 10.0 MS AL APOYO DE TORRE, Y ASI HACERLES TRABAJAR A SU MAXIMA EFICIENCIA.

II.- REVISION DE CARGAS A TRABES POR VIENTO MAXIMO. -

DE $V=160 \text{ KM/HRA}$, SI LA RETENCION ES A CADA 6.0 MS DE ALTURA EN POYOS DE 6,12,18,24,30 y 33 MS DE ALTURA CON CABLE DE ACERO DURO DE DIÁMETRO DE 3/16" (1/4" EN TRIANGULO ESTABILIZADOR A 18 MS DE ALTURA); LAS BASES DE TIRANTES CON VARILLA A.R. Ø3/4" EN CADA COLUMNA (SALIENTE DE AZOTEA) SEGUN DIBUJO ANEXO. LAS COLUMNAS EN TODOS LOS CASOS ESTAN SEPARADAS MAS DE 10.0 MS A LA DEL APOYO DIRECTO DE TORRE (EJES 5, D), Y ASI TENEMOS POR RAZONES CONSTRUCTIVAS QUE LOS APOYOS IDONEOS DE RETENIDAS SERAN EN EJES (9), (A), PARA TENSORES TA (9, D) A ALTURAS DE 12,18,24,30, Y 33 MS DE ALTURA, TENSOR TB PARA ALTURA UNICA DE 6MS, YA QUE EL TA A ESTA ALTURA QUEDA INTERRUPTIDO POR CASETA ESCALERA EN AZOTEA.

ANEXO 1 MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULOS HOJA 2

EL RESTO DE APOYOS DE RETENIDOS EN COLUMNAS DE AZOTEA (9,E)(3,B) Y (3,E) DONDE LAS MAXIMAS TENSIONES POR VIENTOS DE HASTA 160KM/HRA EN CABLES DE A.R. Ø 3/16" SERA DE;

$$V= 0.00555CAV^2$$

C= 1.43 COEFICIENTE VIENTO DE 0.75 PRESION + 0.68 SUCCION

A=AREA TOTAL DE TORRE CON 40% DE AREA COMPLETA SEGUN REGLAMENTO
0.4X0.35(ANCHO MAX.TORRE/LADO) X33.0MS=4.62MS

V= 160KM/H (SEGUN NORMA EDIFICIO GRUPO A, D.D.F.)

$$\therefore N_1=0.00555 \times 1.43 \times 4.62 \times 160^2 = 939 \text{KG.}$$

PARA TRAMOS DE 6.0MS, CADA FUERZA HORIZONTAL DEL VIENTO SERA: $V_h = 939 \times 6 = 171 \text{KG}$

LUEGO LA TENSION MAXIMA EN TIRANTES SERA DE (Ø 3/16")

$$TD_{30} = 3208/1136 \times 171 \text{KG} = 483 \text{KG} < 0.495 \text{TON}$$

O $TE_{30} = 3211/1145 \times 171 \text{KG} = 480 \text{KG} < 0.495 \text{TON}$ LUEGO CUMPLIMOS CON TENSION MAXIMA EN DIAGONAL (TENSION DIRECTA DEL TIRANTE $T < 495 \text{KG}$)

III.- DISEÑO DE APOYOS TORRE Y TIRANTES

a).- APOYO TORRE SOBRE COLUMNA AZOTEA 5D

COLUMNA EXISTENTE SOBRESALE EN AZOTEA 20 CMS (SECCION 47 X 35 CMS)
SOBRECARGAS VERTICALES;

PESO PROPIO TORRE = 2.0 TON

$$\text{TIRANTES}^* = \frac{1.5 \text{ TON}}{\text{NT.} = 3.5 \text{ TON}}$$

*TIRANTES, CASO CRITICO PARA TC, APOYO COLUMNA 8 E, DONDE;

$$\text{LONGITUD HORIZONTAL, L X C} = \text{_____} 10.573 \text{ MS}$$

$$\text{LONGITUD VERTICAL TORRE; Ly} = \text{_____} 33.00 \text{ MS}$$

$$\text{FUERZA HORIZONTAL VIENTO V}_1 = \text{_____} 0.939 \text{ TON}$$

$$\text{FUERZA VERTICAL COMPRESION VIENTO N}_v = 1.465 \text{ TON (1.5 TON)}$$

$$N_v = V_1 \times \text{ALTURA ANTENA}/2 \text{ POR ESTAR CONCENTRACION VIENTO AL CENTRO) /L X c}$$

$$N_v = + 0.939 \times 33/2/10.573 = 1.465 \text{ TON} = 1.5 \text{ TON}$$

LUEGO LA COMPRESION MAXIMA ESPERADA EN COLUMNA APOYO TORRE ES DE;

NT = 3.5 TON CONTRA LA CARGA REAL ACTUAL ESTIMADA DE;

$$NR = 3 \text{ PISOS} \times 5.5 \text{ MS} \times 5 \times 0.9 \text{ T/M}^2 = 74.3 \text{ TON}$$

REVISANDO CAPACIDAD REAL DE COLUMNA; SEGUN ACI 318-85

ANEXO 1 MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULOS HOJA 3

$$NCR = 0.225 f'c a X b + ACERO = 0.225 X 250 X 45 X 33 + ACERO = 83.5 \text{ TON} + ACERO$$

REVISANDO CON NORMAS TECNICAS COLUMNAS SEGUN GRAFICAS PLASTICAS:

$$K = pu/bf'c = 1.4 X (74300 + 3500)/45 X 33 X 170 = 0.431$$

$$F'c = 0.85 X 0.8 X 250 \text{ KG/CM}^2 = 170 \text{ KG/CM}^2$$

ENTRANDO A GRAFICA, Si $e/h = 0.3$: $q = 0.2$

$$\text{Y EL \% \u00c1REA ACERO} = p = q F'c/fy^* = 0.2 X \frac{170}{3600} = 1\%$$

EL ACERO EXISTENTE EN COLUMNA 5C, DEBE SER MAYOR A:

$$As = 45 X 33/100 = 15 \text{ CM}^2, \text{ MINIMO } 8 \text{ } \varnothing 5/8" (16 \text{ C2})$$

LUEGO SE PROPONE COLAR DADO DE 50 X 50 X 30 CMS (h)

COLOCANDO E $\varnothing 3$ A 15 CMS, EN SENTIDO X y Y, Y CONECTANDO A CABEZA

COLUMNA EXISTENTE DE 45 X 33 CMS Y DEMOLIENDO AL MENOS 15 CMS

b)- APOYO PARA RECIBIR TIRANTES $\varnothing 3/16"$

SE APROVECHARAN LAS CABEZAS DE COLUMNAS EXISTENTES EN AZOTEA, DONDE SE PROPONE DEMOLER UNOS 10 CMS DE PARTE SUPERIOR DE CONCRETO EXISTENTE, DONDE LA TENSION DEL TIRANTE MAXIMO ESPERADO ES DE:

$$T = 33/2 + 10.6 X 939 \text{ KG} = 1.46 \text{ TON} = 1.5 \text{ TON}$$

Y AL CORTANTE MAXIMO SERA DE 0.939 TON, POR LO QUE SE PROPONE COLOCAR UNA "U" DE VARILLA A.R. DE $\varnothing 3/4"$ CUYA CAPACIDAD AL CORTANTE SERA DE:

$$Vc = As v = 2.8 \text{ C}^2 X 1 \text{ TON/CM}^2 = 2.8 \text{ TON} > 1.5 \text{ TON}$$

LUEGO LA "U" $\varnothing 3/4"$ ES SUFICIENTE Y SOLO NECESITA ESTAR BIEN ANCLADA. - HACER EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

- 1.- DESCABEZAR UNOS 10 O 15 CMS DE COLUMNA Y LIMPIAR CON AGUA
- 2.- COLOCAR 3 NUEVOS ESTRIBOS $\varnothing 3/8$ A 8 CMS, Y RECIBIENDO VARILLAS EXISTENTES.
- 3.- HACER 2 PERFORACIONES $\varnothing 1"$ DENTRO DEL NUCLEO DE COLUMNA $h = > 30$ CMS Y SEPARADAS UNOS 15 A 18 CMS, LIMPIAR CON AGUA, DEJAR SE SEQUE, RETACAR CON ADITIVO GROUT TIPO PROPAQUE 5 ESTRELLAS (PROCONSA) O SIMILAR. EN FRESCO INTRODUCIR LAS 2 PUNTAS DE VARILLAS EN "U" DE $3/4"$ Y CERCIRARSE QUE SE ESCUPA EL PROPAQUE 5 ESTRELLAS, PARA ASEGURAR QUE LAS PUNTAS LLEGUEN HASTA EL FONDO Y QUEDEN PERFECTAMENTE RETACADAS (SIN VACIOS).
- 4.- LA "U" VARILLA DE $3/4"$ SERAN TRAMO SE UNOS 2 MS, DOBLAR EN "U" CON RADIO DE 4 DI\u00c1METROS (8 CMS), PARA UN TOTAL DE SEPARACI\u00d3N DE 16 CMS, HACER RANURA DE UNOS 3 CMS EN PUNTA DE VARILLA, ABRIR UNOS 4 MMS Y ASI TENDREMOS EL MEJOR ANCLAJE.
- 5.- HACER NUEVO COLADO $f'c = 250$ KG/CM², REV. 12 CMS. SEGUN 1 Y 2 Y YA RECIBIDA LA "U" SEGUN 4.- PROCEDER A PINTAR CON ANTICORROSIVO LA VARILLA $\varnothing 3/4"$ "U", SALIENDO DEL COLADO.
- 6.- RECIBIR ENLADRILLADO E IMPERMEABILIZANTE ALREDEDOR DE COLUMNAS, CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL AL CENTRO (IMPERCON).

Realizado por el Ing. Civil de la Obra



Tramo de Torre Arriostrada 30 cm. de Cara STZ30G



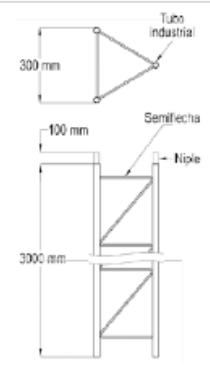
Las torres arriostradas SYSCOM son la perfecta solución para realizar la elevación de equipo de comunicación y seguridad tales como videocámaras, repetidores de radio y celular, enlaces inalámbricos, sistema de pararrayo, etc.

Producto Elaborado Bajo Normas ISO 9000

Características Físicas

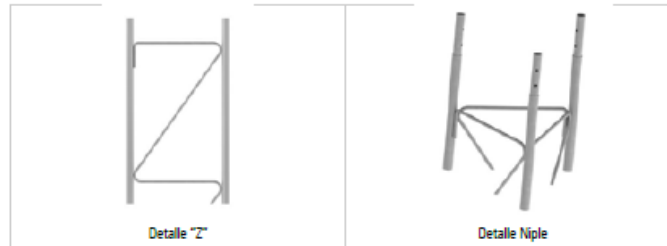
Carga máxima	200 kg.
Altura máxima para torre	30 m
Resistencia al viento*	200 km/h.
Material	Acero
Construcción	Tubo industrial 7/8" calibre 18 Semiflecha de 5/16".
Ancho de cara	30 cm
Peso unitario	13.5 kg.
Altura efectiva	300 cm (3 m)
Niple	10 cm
Tomillería para unión	Tomillo acero inoxidable 1/4 x 1 1/4" con tuerca (6 piezas)
Protección anticorrosiva	Galvanizado por inmersión en caliente (de acuerdo a norma MMX-H-004)

Dimensiones



Recomendación:

- El equipo es recomendado para zonas boscosas, costeras o con alto nivel de humedad o salinidad.
- La torre debe ser pintada para maximizar la protección.
- La instalación debe ser realizada por un profesional tomando en cuenta las características del suelo y del entorno del sitio.
- Se recomienda iluminar la torre en todo momento.



Accesorios



Consultar la página WEB del producto para mayor información y accesorios www.syscom.mx

ANEXO 2 HOJA DE ESPECIFICACIONES SYSCOM HOJA 2

Accesorios de Torres Arriostradas



Cable de Retenida Galvanizado (7x1)



Cuellos (Guardacabos o Rozaderas)



Nudos de Hierro Maleable



Nudos Forjados

Modelo	Precio x Metro	Diámetro	Resistencia	Peso (kg/m)	Modelo	Precio	Para Cable	Modelo	Precio	Para Cable	Modelo	Precio	Para Cable
SRET-318	US\$ 0.39	1/8"	636 kg	0,047	SCUE-474	US\$ 0.99	1/8", 3/16"	NUDO-18MS	US\$ 0.33	1/8"	NUDO-316F	US\$ 1.99	3/16"
SRET-474	US\$ 0.73	3/16"	1294 kg	0,108	SCUE-635	US\$ 1.12	1/4"	NUDO-316MS	US\$ 0.49	3/16"	NUDO-14FS	US\$ 2.10	1/4"
SRET-635	US\$ 1.09	1/4"	2160 kg	0,181	SCUE-516	US\$ 3.99	5/16"	NUDO-14MS	US\$ 0.83	1/4"	NUDO-516MS	US\$ 1.10	5/16"
SRET-516	US\$ 1.79	5/16"	3632 kg	0,309	SCUE-38	US\$ 2.59	3/8"	NUDO-516MS	US\$ 1.10	5/16"	NUDO-38F	US\$ 4.10	3/8"
SRET-338	US\$ 2.64	3/8"	4903 kg	0,409				NUDO-38MS	US\$ 1.60	3/8"			

*Cable con galvanizado tipo A, alta resistencia.

Herramientas de Instalación



» S-PLUMA-1
» US\$ 264.00

Pluma de Aluminio de 4 metros CED.40 para Instalación de Tramos STZ.



» 16-13-40
» US\$ 389.00

Pinza Klein para sujeción de cable de retenida de 1/8", 8/16", 1/4".



» 2990-3930
» US\$ 65.00

Malacate para tensionado de cable (2 ton).



» SYS-6007FL
» US\$ 209.00

Torquímetro de trueno una escala 3/8" 5-75ft-lb.



» SYS-6107A
» US\$ 409.00

Destornillador de torque 1/4" 5-40 in-lb.



» SYS-115142
» US\$ 32.49

Cortapernos de 24".

Línea de Vida

Modelo	Precio	Descripción
SHEL-V	US\$ 109.00	Herrajes para sujeción de línea de vida (2 piezas) para STZ30G/35G/45G.
SHEL-V60	US\$ 103.00	Herrajes para sujeción de línea de vida (2 piezas) para STZ60G
SHEL-V90	US\$ 109.00	Herrajes para sujeción de línea de vida (2 piezas) para STZ90G
SGUL-V	US\$ 36.00	Guía para línea de vida.
TRY-ACC-SLIDER	US\$ 639.00	Carro de Seguridad para Línea de Vida de 3/8".



Seguridad en Alturas

Modelo	Precio	Descripción
SYS-USA7A	US\$ 91.00	Arnés de Suspensión. Anillo D en espalda, pecho y costados de cinturón.
WS-50-SDG	US\$ 135.00	Cable Amortiguador con Doble Gancho de Sujeción.
SYS-USBL2	US\$ 43.00	Banda de posicionamiento para arnés de seguridad.
SYS-USPF1	US\$ 18.00	Punto fijo con argolla de anclaje de seguridad de 90 cm.
SKIT-065	US\$ 114.00	Kit Arnés con anillo en espalda y costados. Con amortiguador y punto fijo.
BAND-007	US\$ 176.00	Bandola de 1.9 m de Doble Seguro.
SYS-USC01M	US\$ 79.00	Cinturón para liniero con porta herramientas y dos anillos tipo D.



SYS-USA7A

WS-50-SDG

SYS-USBL2

SYS-USPF1



SKIT-065



BAND-007



SYS-USC01M

Kit de línea de vida para torres armadas con tramos STZ30, STZ30G, STZ35, STZ35G, STZ45 y STZ45G.

» KIT-LV15 • US\$ 146.00 Hasta 15 m de altura		» KIT-LV30 • US\$ 164.00 Hasta 30 m de altura		» KIT-LV45 • US\$ 184.00 Hasta 45 m de altura		» KIT-LV60 • US\$ 209.00 Hasta 60 m de altura	
Cantidad	Modelo	Cantidad	Modelo	Cantidad	Modelo	Cantidad	Modelo
1	SHEL-V	1	SHEL-V	1	SHEL-V	1	SHEL-V
1	SGUL-V	1	SGUL-V	2	SGUL-V	3	SGUL-V
2	SCUE38	2	SCUE38	2	SCUE38	2	SCUE38
6	SNU38	6	SNU38	6	SNU38	6	SNU38

Se recomienda cable 3/8" tipo retenida para línea de vida (no incluida).
Se recomienda guía de línea de vida (SGULV) cada 15 m de distancia (aprox.).
Para kit de línea de vida de otras torres consulte al depto. de ingeniería.

La torre SYSCOM es muestreada, probada y "tronada" en torsión y flexión. ¡Garantizamos su desempeño!

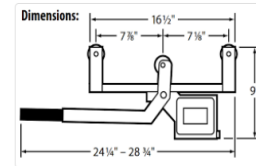
- ▲ Acero galvanizado por inmersión en caliente
- Acero galvanizado electrolítico
- Acero inoxidable
- ◆ Acero tropicalizado

ANEXO 3 HOJA DE ESPECIFICACIONES DILLON HOJA 1



DATOS TECNICOS

MODELO	DN830	DN830A
RANGO	2000 lb / 10 kN / 1000 kg	10.000 lb / 45 kN / 4500 kg
CALIBRACIONES	Hasta 20 cables (1ª calibración incluida)	
DIÁMETROS DE CABLES	4,75 mm hasta 25,4 mm	
RANGO DE MEDICIÓN	0-2000 N (tope mecánico en alrededor de 2100 N)	
PRECISIÓN	±3% (calibrado para cada tipo y tamaño de cable)	
RESOLUCIÓN	Configurable baja/media/alta	
PANTALLA	Pantalla gráfica LCD de puntos. Con retroiluminación.	
POLEAS DISPONIBLES	L, P, S y T *(ver tabla) Se pueden necesitar distintos juegos de poleas según el diámetro de los cables	
PROTECCIÓN	IP 55.	
TEMPERATURA DE TRABAJO	-20° C a 70° C	
UNIDADES DE MEDIDA	Libras, Kilogramos, Newtons	
PUERTO SALIDA	Puerto conector COM	
ALIMENTACIÓN	2 pilas AA	
DIMENSIONES	25 x 59 x 8 cm	
PESO	Aprox. 5 Kg	



Juegos de poleas a elegir en función del diámetro del cable

CÓDIGO	DIÁMETROS DE CABLE (min-máx)
DN830L	3/16" - 1/4" / 4.7mm-6.3mm
DN830P	3/16" - 1/2" / 4.7mm-12.7mm
DN830S	1/4" - 3/4" / 6.3mm-19mm
DN830T	1/2" - 1" / 12.7mm-25.4mm

Nota: Los juegos de poleas P y T cubren todos los diámetros. Sin embargo, si la precisión es importante, se recomienda utilizar el L o el S según el diámetro.

Otras funciones y características destacables:

- Velocidad de captura del valor Peak configurable. El usuario puede seleccionar entre las siguientes opciones: 100 Hz normal (predeterminado), 1 Hz alta velocidad y 10 Hz modo ahorro.
- Memoria interna para 255 lecturas
- Rápido de usar: se coloca y se desmonta del cable en cuestión de segundos.
- Lecturas directas de tensión: más sencillo y preciso. Sin tener que consultar complicadas tablas.
- Portátil y robusto: Diseñado para uso en exteriores. Protección IP55.
- El dinamómetro funciona con baterías AA y dispone de salida para conectar el equipo directamente a la red (cable de alimentación no incluido).

ANEXO 4 DETALLE DE PLANO ARQUITECTONICO HOJA 1

DETALLE 1: DETONACION DE ELEMENTOS DE CONCRETO EN TORRE
 TORRE
 BASE DE CONCRETO PARA TORRE
 COLUMNA
 TORRE

DETALLE 2: ANCLAJE DE RETENIDA PLACA DE ACERO POSTERIOR A LOSA, CON RONDANA Y TUERCA
 CABLE DE RETENIDA
 NUDOS (PERROS GALVANIZADOS)
 TENSOR
 ANCLA A LOSA
 PLACA DE ACERO
 LOSA
 MURO

DETALLE 3: SISTEMA DE TIERRA
 TORRE
 CONCRETO
 PLACA
 TORRE

DETALLE 4: ORIENTACION PARA BASE DE TORRE EN AZOTEA
 TORRE
 BASE DE CONCRETO PARA TORRE
 COLUMNA

DETALLE 5: RESTALAJE DE UNO DE LOS TUBOS
 TORRE
 PLACA DE ACERO
 LOSA
 MURO

DETALLE 6: SUECION A LA BASE
 TORRE
 PLACA
 TORRE
 CONCRETO

DETALLE 7: ANCLAJE DE CHAROLA TIPO ESCALERA EN AZOTEA
 TORRE
 PLACA DE ACERO
 LOSA
 MURO

DETALLE 8: CHAROLA TIPO ESCALERILLA LECHO BAJO DE LOSA
 TORRE
 PLACA DE ACERO
 LOSA
 MURO

DETALLE 9: CABLE ELECTROTECIDO DE ALUMINIO ACERADO EN SUELO DELA DE 200A 250A
 TORRE
 PLACA DE ACERO
 LOSA
 MURO

ING. ROBERTO DOMÍNGUEZ CASTELLANOS AUTOR		UNICACH UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE LA OBRA TORRE DE RADIO COMUNICACION		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
AUTOR ING. ROBERTO DOMÍNGUEZ CASTELLANOS		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
TÍTULO DE LA OBRA TORRE DE RADIO COMUNICACION		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
AUTOR ING. ROBERTO DOMÍNGUEZ CASTELLANOS		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
TÍTULO DE LA OBRA TORRE DE RADIO COMUNICACION		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
AUTOR ING. ROBERTO DOMÍNGUEZ CASTELLANOS		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
TÍTULO DE LA OBRA TORRE DE RADIO COMUNICACION		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
AUTOR ING. ROBERTO DOMÍNGUEZ CASTELLANOS		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	