



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA**

**“La Ingeniería Topográfica en las Obras Civiles de la línea 2**

**Nuevo Tocumen Panamá”**

***TESIS***

Que para obtener el grado de:

**Ingeniero Topógrafo y Geodesta**

Presenta:

**Roberto Guizar Prado**

Asesor:

**Mtro. Máximo Ávila Cruz**

Heroica Puebla de Zaragoza

noviembre 2020



**BUAP**

Oficio SA/0214/2021

C. GUIZAR PRADO ROBERTO  
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA  
P r e s e n t e.

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional en línea, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

“LA INGENIERÍA TOPOGRÁFICA EN LAS OBRAS CIVILES DE LA LÍNEA 2 NUEVO TOCUMEN PANAMÁ”.

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como asesor de tema al Mtro. Máximo Ávila Cruz.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z. a 26 de enero de 2021

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Director



M'ACGZ /barv  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

**M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**Presente.**

El que suscribe: Mtro. Máximo Ávila Cruz, director del tema de tesis:

**“LA INGENIERÍA TOPOGRÁFICA EN LAS OBRAS CIVILES DE LA LÍNEA 2 NUEVO TOCUMEN PANAMÁ”.**

Presentada por el C. Roberto Guizar Prado, pasante del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica, y en atención al oficio No. SAC/0214/2021 con fecha de emisión 26 de enero de 2021, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**Atentamente**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
**H. Puebla de Z. a 08 de febrero de 2021**



**Mtro. Máximo Ávila Cruz**  
**Asesor**

M'MAC/BARV  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

1. A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con muchas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron para alcanzar mis metas y anhelos

Gracias Ezequiel Humberto Guízar Castañeda y Arelia Prado Domínguez

2. Tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos mas turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permiten.

Te lo agradezco muchísimo mi amor Christell Rodríguez Bautista

# Índice

TEMA.....	1
ANTECEDENTES.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	3
ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	3
<b>CAPÍTULO 1. CONCEPTOS TOPOGRÁFICOS.....</b>	<b>5</b>
1.1 ANTECEDENTES DE TOPOGRAFÍA Y GEODESIA.....	5
1.2 PLANIMETRÍA.....	6
1.3 MEDICIÓN DE DISTANCIAS.....	11
1.4 ALTIMETRÍA.....	12
1.5 NIVELACIÓN POR PENDIENTES O TRIGONOMÉTRICA.....	13
1.6 NIVELACIÓN GEOMÉTRICA.....	14
1.7 NIVELACIÓN BAROMÉTRICA.....	15
1.8 NIVELACIÓN COMPUESTA.....	15
1.9 SISTEMAS COORDENADOS.....	16
1.10 CARTOGRAFÍA.....	17
1.11 LA TIERRA Y SU GEOMETRÍA.....	19
1.11.1 <i>El eje polar y los polos</i> .....	21
1.11.2 <i>Eje ecuatorial, plano ecuatorial y ecuador</i> .....	22
1.11.3 <i>Coordenadas Geográficas</i> .....	25
1.12 LAS PROYECCIONES.....	26
1.12.1 <i>Proyecciones Cartográficas</i> .....	29
<b>CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>36</b>
2.1 PROCESO DE CRECIMIENTO EN PANAMÁ.....	36
2.2 IMPACTO ESPERADO.....	38
2.3 LÍNEA FERROVIARIA 2.....	44
2.4 PRINCIPALES FUENTES A REVISIÓN.....	46
2.5 REVISIÓN DE LA DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	48
2.6 ESTIMACIÓN DEL TRAZO.....	52
2.7 ÁREA ESTRATÉGICA.....	52
2.8 REVISIÓN DE LOS ENTREGABLES.....	54
2.9 PROYECTO.....	56
2.10 DISEÑO.....	58
2.11 CAPACIDAD.....	59
<b>CAPÍTULO 3. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>60</b>
3.1 OBRAS CIVILES.....	60
3.2 MATERIAL RODANTE: COMPATIBILIDAD.....	61
3.3 VÍAS: ESQUEMA Y CARACTERÍSTICAS RELEVANTES.....	61
3.4 ESTACIONES DE PASAJEROS.....	63
3.5 CENTRO DE CONTROL DE OPERACIONES (CCO).....	65
3.6 PATIOS Y TALLERES.....	66

3.7 CATENARIA .....	66
3.8 SEÑALIZACIÓN .....	67
3.9 CONTROL DEL TRAZO DE OBRA COMPLEMENTARIA .....	68
3.10 CORREAS .....	69
3.11 VIGAS PORTANTES .....	70
3.12 PILARES ESTRUCTURALES .....	70
3.13 PILARES DE CIERRE .....	71
3.14 ANCLAJES .....	72
3.15 ARRIOSTRAMIENTO .....	74
3.16 CUBIERTA .....	74
3.17 LUCERNARIO .....	75
3.18 CANALONES .....	76
3.19 NUDOS .....	76
3.20 BARRAS .....	77
3.21 CORREAS .....	78
3.22 AISLAMIENTO TÉRMICO .....	78
3.23 FALSO TECHO .....	79
3.24 GRADOS DE ACABADO Y CONTROL .....	80
3.25 MONTAJE .....	81
3.26 CUBIERTA Y TEMPERATURA .....	89
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA: .....</b>	<b>93</b>

## Índice de Imágenes

ILUSTRACIÓN 1. ESQUEMA GENERAL DE UN GONIÓMETRO .....	8
ILUSTRACIÓN 2. ESQUEMATIZACIÓN DE MEDICIÓN ANGULAR VERTICAL .....	10
ILUSTRACIÓN 3. TEODOLITO MARCA WILD, MODELO T2 .....	11
ILUSTRACIÓN 4. RELACIÓN DE DISTANCIA .....	12
ILUSTRACIÓN 5. NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA .....	14
ILUSTRACIÓN 6. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA SIMPLE .....	14
ILUSTRACIÓN 7. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA .....	15
ILUSTRACIÓN 8. GEOMETRÍA TERRESTRE .....	19
ILUSTRACIÓN 9. GEOMETRÍA TERRESTRE POLAR .....	21
ILUSTRACIÓN 10. PLANOS GEOMÉTRICOS TERRESTRES .....	22
ILUSTRACIÓN 11. GEOMETRÍA DE LOS MERIDIANOS .....	25
ILUSTRACIÓN 12. COORDENADA GEOGRÁFICA .....	26
ILUSTRACIÓN 13. PROYECCIÓN GEOMÉTRICA .....	27
ILUSTRACIÓN 14. PROYECCIÓN DEFORMADA .....	28
ILUSTRACIÓN 15. TIPOS DE PROYECCIONES .....	30
ILUSTRACIÓN 16. GEOMETRÍA DEL HUSO .....	34
ILUSTRACIÓN 17. CONTEXTO TERRITORIAL DEL ÁREA METROPOLITANA .....	38
ILUSTRACIÓN 18. ÁREAS DE SERVICIO E ISÓCRONAS PEATONALES ESTACIÓN SAN MIGUELITO .....	44
ILUSTRACIÓN 19. ZONAS DE INTERÉS URBANO CON ÁREAS DE INFLUENCIA .....	49
ILUSTRACIÓN 20. EJEMPLO DE ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA .....	50
ILUSTRACIÓN 21. ESQUEMA COMPARATIVO PARA ESTABLECER ÁREAS DE INFLUENCIA .....	52
ILUSTRACIÓN 22. ÁREA ESTRATÉGICA Y RELACIÓN CON ÁREA DE INFLUENCIA .....	53
ILUSTRACIÓN 23. PLANTA DE RAMALES .....	62
ILUSTRACIÓN 24. DETALLE VÍAS SAN MIGUELITO .....	62
ILUSTRACIÓN 25. OPERACIONES EN DEGRADADO .....	63
ILUSTRACIÓN 26. BAHÍA DE ESPACIO MÍNIMO .....	69
ILUSTRACIÓN 27. PILAR ESTRUCTURAL CON DOBLE FUNCIÓN .....	71
ILUSTRACIÓN 28. ESQUEMA DE POSICIÓN DE ANCLAJE .....	73
ILUSTRACIÓN 29. PABELLÓN ESTRUCTURAL .....	75
ILUSTRACIÓN 30. REVISIÓN DE MONTAJE .....	82
ILUSTRACIÓN 31. GRÚA PRINCIPAL Y GRÚA DE APOYO PARA MANIOBRAS .....	85
ILUSTRACIÓN 32. CONECTORES COLOCADOS .....	86
ILUSTRACIÓN 33. CONECTORES 100 Y 120 PALC3 .....	87
ILUSTRACIONES 34A – 34B. BARRENACIÓN Y COLOCACIÓN DE CORREA MAESTRA .....	88
ILUSTRACIÓN 35. ESTRUCTURA Y CUBIERTA .....	91

## Índice de Tablas

TABLA 1. MEDIA DEL TRAYECTO SOBRE LA BASE DE LA ENCUESTA PIMUS (N=8,123 CASOS). AÑO 2015 .....	51
TABLA 2. TÉRMINOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO .....	56
TABLA 3. NUDOS EMPLEADOS PALC3 .....	77
TABLA 4. BARRAS Y TUBOS PALC3 .....	77
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y MECÁNICAS DEL SISTEMA .....	80
TABLA 6. CONECTORES DE ACERO EN CORREAS .....	86

## **Tema**

La Ingeniería Topográfica en las Obras Civiles de la Línea 2 Nuevo Tocumen Panamá.

## **Antecedentes**

El transporte es sin duda uno de los elementos más importantes que impulsan a un país a desarrollarse, cada día son más el número de personas que necesitan de movilidad, pero cada día más son menos los espacios disponibles para hacerlo, por eso los gobiernos existentes en conjunto con sus grupos de asesores técnicos, se esfuerzan por dar respuesta que sea viable, económica y sobre todo sustentable y sostenible a esa demanda de usuarios terceros.

El proyecto que se describe en este trabajo tuvo la fortuna de desarrollarse en el País de Panamá, lugar que une a América Central y América del Sur, en el cual se colaboró en el desarrollo de obras civiles complementarias de una línea de tren ligero que beneficio de manera económica y de tiempo a cientos de miles de personas que a su vez se convierten en usuarios y desarrollan conciencia de movilidad.

Como Ingenieros Topógrafos y Geodestas Mexicanos es deber y responsabilidad coadyuvar en este tipo de obras de la mejor manera posible, para que los proyectos tengan el sustento adecuado, tanto de manera técnica como profesional y a su vez sean un éxito, cumpliendo con todos los estándares de calidad.

## **Justificación**

Es necesario que el Ingeniero Topógrafo y Geodesta cuente con los conocimientos necesarios básicos del área técnica, pero también debe estar inmerso en las normativas federales de algún país en específico, o bien en la legislación vigente del lugar donde resida, e incluso en los modos de trabajo que van relacionados con la cultura en donde se desarrolle algún proyecto.

También se pretende dar a conocer las técnicas que se utilizan para el trabajo específico del ingeniero Topógrafo y Geodesta, y así poder demostrar que se tiene la capacidad técnica y profesional de cualquier experto afín en el ámbito internacional.

Siempre cuidando los valores personales y las actitudes con los demás.

## **Planteamiento del problema**

Cuando se realiza una edificación u obra civil de cualquier tipo, es indispensable contar con el control Topográfico correcto, ya sea supervisado o no, recae en el ingeniero la responsabilidad técnica específica, y cuando se trata de trabajar en otro país, diferente al que nos instruyeron la enseñanza ingenieril, se hace aún más importante, es por eso que se hace la siguiente pregunta:

¿Qué métodos topográficos y geodésicos se pueden aplicar a las obras civiles complemento de una línea de tren ligero en Nuevo Tocumen Panamá?

## **Objetivo general**

Demostrar que las técnicas y procedimientos topográficos y geodésicos, son fundamentales e indispensables para obra civil en Nuevo Tocumen, Panamá.

## **Objetivos específicos**

- Exponer los conceptos que utiliza el Ingeniero Topógrafo y Geodesta, en su vida profesional, así como el campo de trabajo de la Topografía de edificaciones, en la obra civil y fuera de México.
- Describir la actividad social y económica que se desarrolla en el país de Panamá, porque es la base de crecimiento y desarrollo, en donde se encuentra inmersa la Topografía y la Geodesia.
- Explicar con la mayor exactitud posible los métodos utilizados en el control Topográfico para colocación de acero, así como la responsabilidad, influencia e importancia del Ingeniero Topógrafo y Geodesta.

## **Hipótesis de trabajo**

El trazo topográfico y la nivelación topográfica son indispensables para el control de obra civil que complementa la construcción de una línea de tren ligero en Nuevo Tocumen Panamá.

## **Estrategia metodológica**

Con el fin de alcanzar el objetivo general de este trabajo, es necesario llevar a cabo una serie de pasos que permitirán elaborar el mismo de manera ordenada. En este caso lo primero que se debe contemplar es la búsqueda de información relacionada con el tema, realizar consultas bibliográficas que ayuden al lector a introducirse en el tema de estudio y que logre un entendimiento y percepción adecuada.

Se investigará a través de diferentes fuentes y se seleccionará la información adecuada para mostrar, con el fin de ofrecer un panorama lo más extenso posible para su correcta comprensión.

También se obtendrá asesoramiento profesional para explicar la relación con el ámbito jurídico que es un tanto difícil asimilar para la profesión, y que como Ingenieros Topógrafos y Geodestas se está involucrado y se debe conocer.

Se ejemplificarán y explicarán los métodos y técnicas utilizadas en el control topográfico de obras civiles en Nuevo Tocumen, Panamá. Estos casos prácticos son desarrollados del todo real por lo que no habrá problema en exponerlos y explicar sus diferentes problemáticas y soluciones.

## Capítulo 1. Conceptos Topográficos

### 1.1 *Antecedentes de Topografía y Geodesia*

Aunque muchas ciencias que se encuentran directamente relacionadas con la Topografía, difieren en opiniones acerca de esta, es necesario recapitular algunas ideas importantes para el lector o usuario de este trabajo de tesis.

La tecnología da pasos cada vez más grandes en cuanto a su desarrollo, cada día somos testigos de nuevos avances en cada una de nuestras áreas, y estos avances tienden a desplazar al recurso humano, aunque no del todo, es decir para que no ocurra lo antes mencionado se debe estar al día con dichas actualizaciones.

Como Ingenieros Topógrafos y Geodestas es deber mantenerse en constante comunicación con el uso de nuevos aparatos, así como para desarrollar correctamente su operación y contribuir a realizar una buena Topografía y Geodesia.

Gracias al desarrollo tecnológico en la creación de nuevos instrumentos de trabajo, las técnicas han evolucionado del mismo modo, en cuanto a la medición de la superficie terrestre, ahora incluso se puede prescindir del longímetro (cinta), pero mas no así de sus principios, incluso de esto se hablará más adelante, es decir, aunque el desarrollo se encuentra latente y presente, la mayoría de Ingenieros siguen

recurriendo a las fórmulas que inicialmente se enseñaron en la carrera de Ingeniero. Refiriéndose a las fórmulas de Pitágoras, por ejemplo.

Incluso si se revisan los mecanismos de funcionamiento de cualquier aparato digital de medición, se encontrará que los algoritmos utilizados son los mencionados.

Por otro lado, es bien sabido que las grandes empresas transnacionales que se dedican a mejorar tecnología en cuanto a equipos se refieren, utiliza la base de la matemática y sus ramas para la función de sus aparatos.

Se Sigue conviviendo con todas esas áreas de Trigonometría, Física, Óptica y al parecer se continuará haciendo por un buen tiempo más. En capítulos siguientes se describirá gran parte del equipo tecnológico que se utilizó en la ejecución de un Proyecto Geométrico carretero, y se comprobara que efectivamente sucede lo planteado con anterioridad.

## **1.2 Planimetría**

Para el correcto desarrollo del presente trabajo de investigación, se deben conocer parte de los conceptos más importantes utilizados por el Ingeniero Topógrafo y Geodesta, a continuación, se mencionarán los utilizados para un correcto desarrollo de control geométrico en una vía o línea de comunicación.

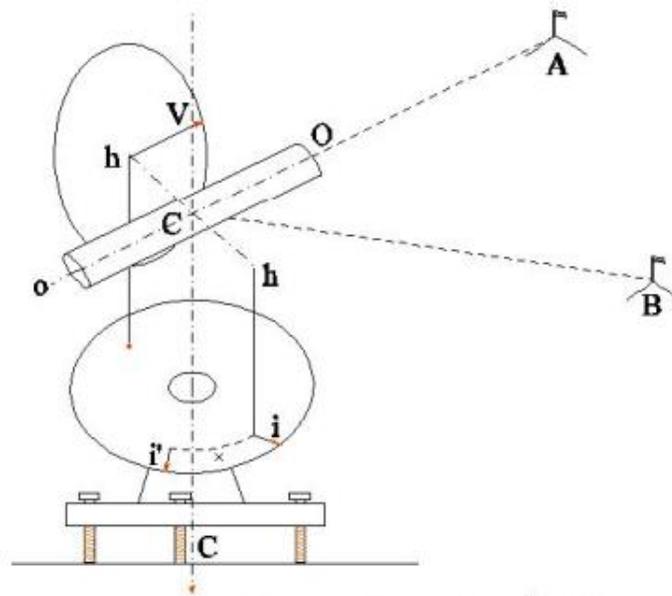
La planimetría es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría) prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal.

Todos los trabajos de campo necesarios para llevar a cabo un levantamiento Topográfico, consisten en esencia en la medida de ángulos y de distancias.

En ciertos trabajos puede ser suficiente medir sólo ángulos, o sólo distancias, pero, en general, suele ser necesario medir ambas magnitudes. En algunas operaciones elementales de agrimensura puede bastar con medir ángulos rectos, utilizando las escuadras y las distancias con cintas metálicas. Pero en general, este tipo de mediciones no gozan de la suficiente precisión.

En topografía la medida de ángulos se hace con instrumentos llamados genéricamente goniómetros y la medida de distancias se hace por métodos indirectos (estadimétricos) o más recientemente por métodos electromagnéticos (distanciómetros electrónicos). Los ángulos a medir, pueden ser horizontales (acimutales), los cuales miden el ángulo de barrido horizontal que describe el aparato entre dos visuales consecutivas, o verticales (cenitales), que miden el ángulo de inclinación del anteojo al lanzar una visual a un punto concreto.

Un goniómetro se compone de un colimador o anteojo que tiene un movimiento de basculación alrededor del eje horizontal, arrastrando en su movimiento el índice solidario del eje y perpendicular a él, que señala sobre un disco graduado fijo y vertical el ángulo que la visual forma con la horizontal, en unos eclímetros y con la vertical en otros.



*Ilustración 1. Esquema general de un goniómetro*

Cuando se dirige una visual a un punto, sobre el limbo horizontal del aparato topográfico puede leerse el ángulo de barrido horizontal que existe entre la dirección del cero de dicho limbo y la dirección de la visual. A este valor se le suele denominar ángulo horizontal de la visual o más técnicamente lectura acimutal.

Cualquiera que sea la posición del 0, si se desea medir un ángulo acimutal, por ejemplo, el formado por los vértices ACB,

Formado por dos visuales, se dirigirá el anteojo al primer punto A que se halle en el sentido en que crezca la graduación y después al segundo B, anotando las lecturas respectivas; la diferencia de éstas dará en general el ángulo buscado.

Puede ocurrir, que el 0 de la graduación quede entre las dos posiciones del índice, en este caso la lectura a la segunda visual será menor que la primera y se hallara el ángulo sumando 360 a la del punto más alejado en el sentido en que crece la graduación.

Los ángulos verticales de inclinación del anteojo se miden sobre discos colocados verticalmente en la alidada y existen distintos tipos en función de la posición del 0. Los limbos cenitales (o eclímetros) pueden estar graduados:

- 0 en el horizonte, miden la altura de horizonte (+ visual ascendente, - visual descendente).
- 0 en el cenit, miden la distancia cenital (<90 visual ascendente, >90 visual descendente)
- 0 en el nadir, distancia nadiral (>90 visual ascendente, <90 visual descendente) Luego la altura de horizonte es el complemento de la distancia cenital, ambas magnitudes deben sumar siempre 90.

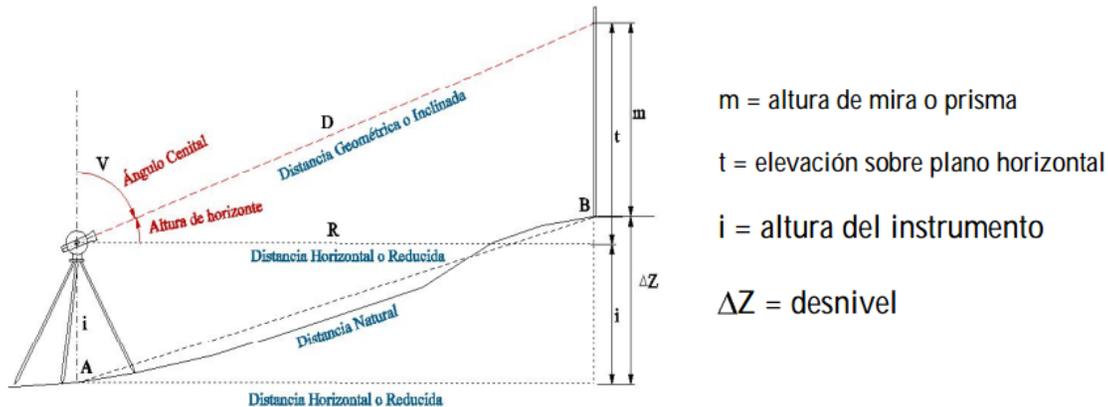


Ilustración 2. Esquemática de Medición angular vertical

Teodolito es el aparato topográfico que reúne en un mismo montaje un sistema óptico-mecánico capaz de medir ángulos horizontales y verticales. Al estar contruidos para medir básicamente ángulos, éstos los miden con mucha precisión. Si el retículo del anteojo dispone de hilos estadimétricos para medir distancias, se le denomina taquímetro o teodolito taquímetro. A la vez estos pueden ser ópticos o electrónicos, en función básicamente de la forma en que miden y presentan los ángulos.

Si a los Teodolitos o Taquímetros electrónicos se les incorpora un sistema para medir las distancias por algún sistema electromagnético, se empieza a hablar ya de Estación Total.

Además, esta Estaciones suelen incorporar programas internos para almacenamiento de datos, replanteos, superficies, etc., y tienen sistemas para transferir de forma semiautomática los datos almacenados a un ordenador.



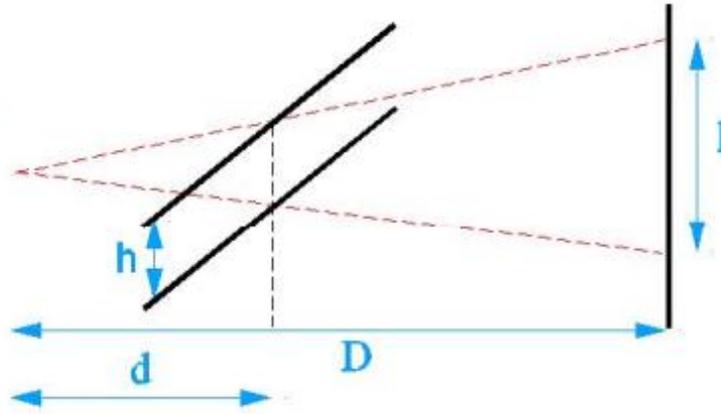
*Ilustración 3. Teodolito marca Wild, modelo T2*

### **1.3 Medición de Distancias**

La medida de distancias puede ser directa (con cinta métrica), indirecta por medios estadimétricos o electromagnética (con distanciómetros electrónicos).

Supongamos que observamos una mira vertical a través del espacio que queda entre dos listones de una persiana (representados por dos hilos horizontales en los anteojos estadimétricos), los bordes limitarán la visualidad y sólo veremos una parte de la mira; siendo  $D$  la distancia del ojo a la mira,  $d$  la distancia entre el ojo y los listones,  $l$  el trozo de mira que se ve  $h$  la separación de los listones.

$$\frac{l}{h} = \frac{D}{d} \qquad D = \frac{d \cdot l}{h}$$



*Ilustración 4. Relación de Distancia*

Se tiene que la Distancia podrá ser función de la separación de los listones, del trozo de mira que se vea o de la separación de los listones respecto de nuestro ojo. Por tanto, se podrían construir artilugios para medir distancias que dejaran fijos dos de estos elementos y variasen el tercero. De modo que se tendrían tres tipos de estadía.

#### **1.4 Altimetría**

La altimetría (también llamada hipsometría) es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.). Algunos de estos se describirán a continuación.

Los niveles, como aparatos topográficos, son instrumentos dedicados a la medida directa de diferencias de altura entre puntos o desniveles. Su misión es lanzar visuales horizontales con la mayor precisión posible.

Clasificación:

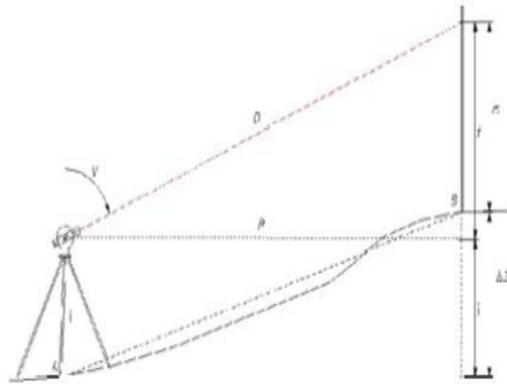
- **Niveles de plano.** Estacionado el aparato, su eje de colimación describe un plano horizontal en su giro alrededor del eje principal.
- **Niveles de línea.** En cada nivelada hay que nivelar el aparato.
- **Niveles automáticos.** Niveles de línea de horizontal automática.

Otra clasificación, según la precisión:

- **Niveles de construcción y pequeña precisión,** utilizados en obras públicas, hidráulicas y agrícolas.
- **Niveles de mediana precisión,** utilizados en ingeniería civil incluso de precisión y en itinerarios de nivelación topográfica.
- **Niveles de alta precisión,** utilizados en nivelaciones topográficas e itinerarios geodésicos, en nivelaciones de alta precisión.

## 1.5 Nivelación por pendientes o trigonométrica

En la nivelación trigonométrica, las visuales pueden tener cualquier pendiente y se pueden utilizar los aparatos capaces de medir ángulos de inclinación en esas visuales. Tales como teodolitos, taquímetros, Estaciones Totales.

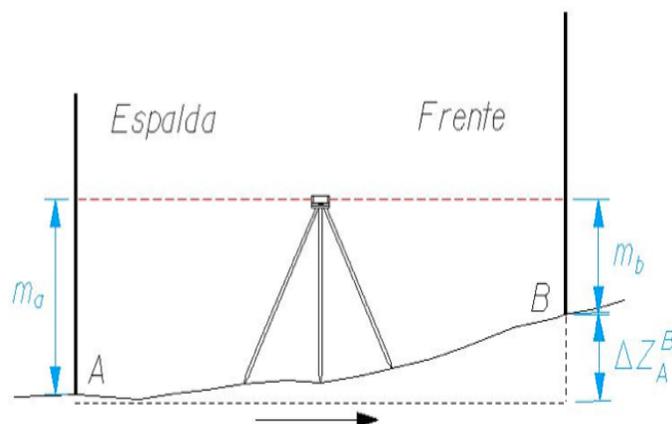


$$\Delta Z_A^B = t + i - m$$

Ilustración 5. Nivelación trigonométrica

## 1.6 Nivelación Geométrica

La nivelación geométrica se caracteriza porque las visuales son siempre horizontales. Es el método más exacto para calcular las diferencias de alturas o cotas. La nivelación compuesta es cuando se obtiene el desnivel con más de una medida.



$$\Delta Z_A^B = m_A - m_B$$

Ilustración 6. Nivelación Geométrica simple

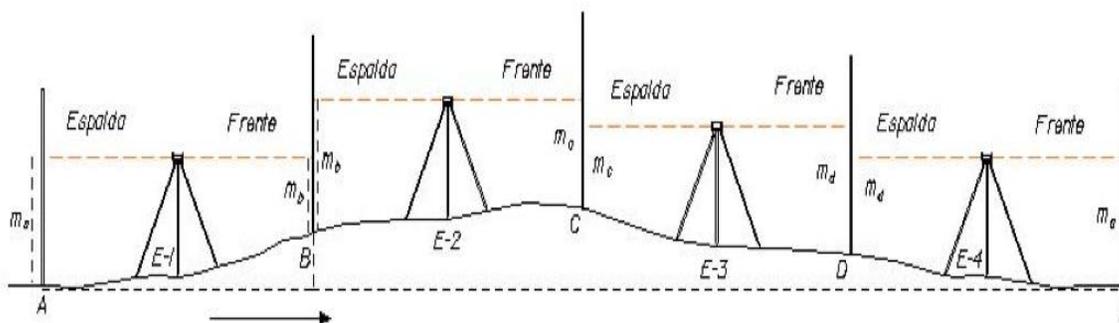
## 1.7 Nivelación barométrica

Para la nivelación barométrica se emplean barómetros, deduciéndose los desniveles por la relación que existe entre las variaciones de altitud y las de la presión atmosférica.

Las nivelaciones se pueden dividir también en simples y compuestas. La nivelación simple es cuando el desnivel a medir se obtiene mediante una sola determinación.

## 1.8 Nivelación compuesta

Si los puntos cuyo desnivel se quiere determinar están muy separados entre sí, o la diferencia de nivel es mayor que la que se puede medir de una vez, se hace necesario calcularlo realizando varias estaciones sucesivas, es decir, efectuando una nivelación compuesta.



*Ilustración 7. Nivelación geométrica compuesta*

## **1.9 Sistemas Coordinados**

Durante la ejecución de trabajos en la obra de Modernización y Ampliación, se necesitó conocer y aplicar con exactitud un sistema coordinado de precisión para trabajos topográficos de Replanteo, Levantamiento y Ajustes necesarios.

Para comprender mejor estos términos, se tiene que referir a las bases cartográficas utilizadas en modelos de Cartografía, ya que estos en conjunto con otros elementos forman el sistema coordinado único.

Aunque se tiene que decir que, debido a la pertenencia de una brigada de construcción, se trabaja con un modelo referente al sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84), por así marcarlo la norma internacional, y para efectos de supervisión se trabaja en otro sistema o marco de referencia, este de tipo local, conocido como (ITRF 92).

Cabe mencionar que, en plataformas digitales como el AutoCAD, se logra hacer el desplazamiento correspondiente para que los sistemas sean coincidentes y así se puedan verificar los trazos y los desniveles por eje.

## 1.10 Cartografía

La cartografía es una fuente de información geográfica que permite tener un conocimiento más o menos exacto de una porción de la superficie terrestre. El resultado final de los estudios cartográficos se materializa en una representación sobre el papel que denominamos mapa o plano. Ante todo, la cartografía impone el uso de determinados sistemas orientados a describir una zona desde dos puntos de vista:

**Cualitativo:** Que accidentes y detalles posee el terreno, su ubicación y su geometría.

**Cuantitativo:** Las dimensiones métricas de los accidentes.

Para identificar estos dos conceptos se puede pensar, por ejemplo, en una montaña. La descripción cualitativa da la posición de la montaña y su forma, por otro lado, la descripción cuantitativa da su altitud o distribución de altitudes; en el caso de un río, la descripción cualitativa es su trazado, mientras que la cuantitativa es la medida de ese trazado.

Al principio los planos se centraron más en la descripción cualitativa del terreno, o sea, un mapa podía consistir en una mera expresión de las localidades, ríos y montes de una zona que se situaban de forma más o menos precisa sobre el papel.

Posteriormente los mapas evolucionaron hacia la información cuantitativa, pudiendo ser útiles para la determinación de distancias, pendientes del terreno o rumbos.

En cualquier caso, hay que dejar claro que un plano es una representación y, como tal, se compone de un conjunto de símbolos y sistemas que permiten obtener información útil de un terreno.

La utilidad de un mapa es clara. Podemos situarnos y seguir un itinerario por una zona que incluso se puede llegar a desconocer por no haber estado antes físicamente en ella. Todo itinerario se compone de un punto de salida y uno de llegada (que pueden ser idénticos), y un conjunto de puntos intermedios por los cuales debemos pasar. El problema consiste en conocer nuestra posición en todo momento con objeto de poder avanzar hacia el punto siguiente.

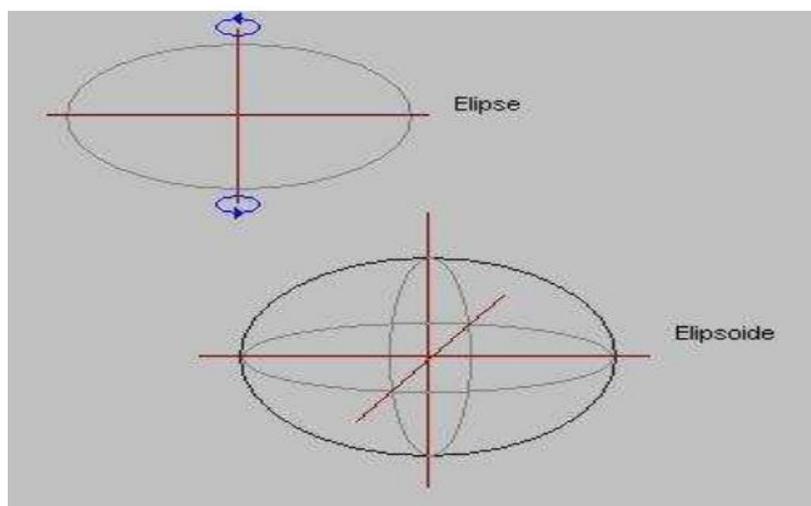
Pensemos, por ejemplo, en el recorrido que efectúa una persona para ir de su casa al trabajo. Conocemos el origen y el punto de destino, pero son posibles varios itinerarios, algunos de los cuales serán más cortos, aunque pueden resultar más complejos, y otros más sencillos podrían resultar más largos. En cualquier caso, si un turista de otra ciudad pretendiese realizar el recorrido sin ayuda externa necesitará un mapa para examinar todo el itinerario y los puntos intermedios por los cuales debe pasar, los cuales le servirán de referencia. El recorrido se reduce, entonces, a discurrir por ciertas calles hasta llegar al destino.

En un terreno no urbano, no se puede llevar a cabo este sistema por no existir calles, aunque puede haber sendas o caminos. Pero en el caso último de no existir estos, tendremos que andar de punto a punto, de referencia a referencia, siguiendo segmentos más o menos rectilíneos (como las calles) hasta el destino final. Se hace necesario pues disponer

de medios que nos permitan evaluar en qué dirección caminamos. Estos medios nos los proporcionan los métodos de orientación. Los medios de orientación se basan en ciertos fenómenos naturales como el movimiento aparente del sol sobre el firmamento, la posición de las estrellas o el magnetismo terrestre (que ha dado origen a las brújulas). Todos ellos proporcionan alguna dirección geográfica con más o menos exactitud, por ejemplo, el Norte. Conocida la dirección Norte queda determinada cualquier otra dirección.

### 1.11 La Tierra y su Geometría

La tierra posee la forma de una esfera achatada por los polos. Se aprecian en ella dos deformaciones principales: Un achatamiento polar y un abultamiento ecuatorial. A causa de tales deformaciones su geometría es la correspondiente a otro cuerpo geométrico denominado elipsoide.



*Ilustración 8. Geometría Terrestre*

Una elipse se obtiene por deformación de la circunferencia. A diferencia de ésta, la elipse posee sus dos ejes de longitud diferente. Si hacemos girar esta figura entorno a uno de sus ejes se obtiene una superficie de revolución, el elipsoide. Si piensa en el aspecto de un balón de rugby o de un melón, entonces estará visualizando elipsoides.

Isaac Newton, en 1687, enuncia que la forma de equilibrio de una masa fluida homogénea sometida a las leyes de gravitación universal que gira alrededor de un eje (llamado polar) es un elipsoide de revolución aplastado por los polos.

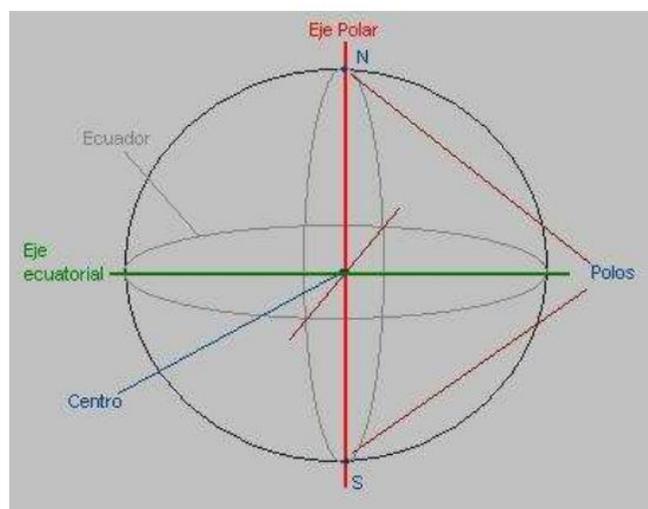
Sin embargo, si se tienen en cuenta otras pequeñas deficiencias, la forma de la tierra queda representada mediante un cuerpo ideal conocido con el nombre de geoide.

El geoide es la superficie de equilibrio materializada por los mares en calma y que se prolonga de manera imaginaria por debajo de los continentes. En cualquier punto del geoide su superficie es perpendicular a la fuerza de la gravedad.

Ante todo, hay que indicar que la deformación ecuatorial de la tierra es muy pequeña, por lo que con muchos fines prácticos no se comete un error importante si se asimila su forma a la de una esfera perfecta cuyo radio aproximado es, como veremos más adelante, de 6,371 Km.

### 1.11.1 El eje polar y los polos

La tierra posee, entre otros, dos movimientos fundamentales. EL primero es el de traslación en una órbita alrededor del sol, con un período de 365,25 días por vuelta. El segundo es la rotación entorno a un eje imaginario que atraviesa a la tierra por su propio centro, con una cadencia de 24 horas por vuelta.



*Ilustración 9. Geometría Terrestre Polar*

Al eje imaginario entorno al cual se produce la rotación terrestre se le denomina eje polar. El eje polar pasa, como se ha dicho, por el centro del planeta y corta a la superficie terrestre en dos puntos que se conocen con el nombre de polos.

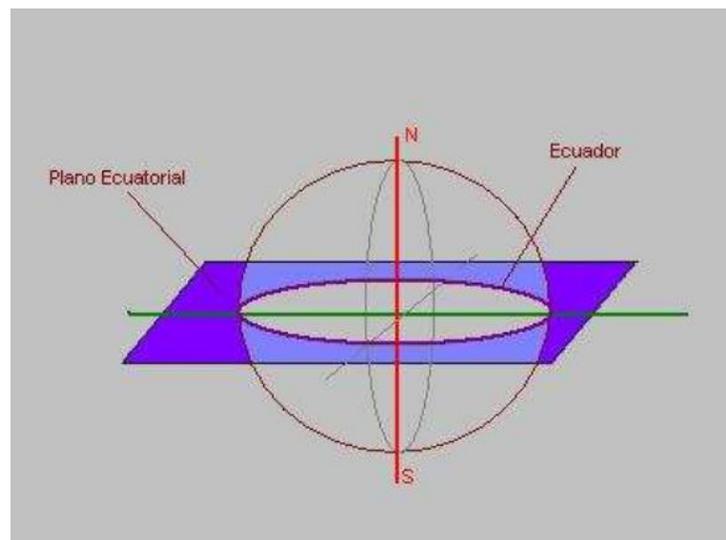
Para distinguir un polo de otro se les ha dado el nombre de Polo Norte (N.) y Polo Sur (S.). Convencionalmente se representa la tierra de modo que su Polo Norte queda arriba y el polo Sur, abajo.

El eje polar se puede definir, también, como la línea imaginaria que une los dos polos terrestres.

### 1.11.2 Eje ecuatorial, plano ecuatorial y ecuador

Además del eje polar cabe considerar otro que pasando por el mismo centro terrestre es perpendicular al anterior. Se trata del eje ecuatorial. La intersección de los ejes polar y ecuatorial se produce en el centro del planeta.

Se llama plano ecuatorial a un plano que contiene al eje ecuatorial y es perpendicular al eje polar de tal modo que divide a la tierra en dos partes iguales denominadas hemisferios. El hemisferio que contiene al polo Norte se llama hemisferio norte o Boreal, y el que contiene al Polo Sur se le llama hemisferio sur o Austral.



*Ilustración 10. Planos Geométricos Terrestres*

La intersección del plano ecuatorial sobre la superficie terrestre genera un círculo que recibe el nombre de ecuador. El hemisferio norte se extiende desde el ecuador hasta el polo Norte, y el hemisferio Sur lo hace desde el ecuador hasta el polo Sur.

La tierra puede ser cortada por cualquier plano que sea paralelo al plano ecuatorial. Todo plano de este tipo recibe, por ello, el nombre de plano paralelo. La intersección de un plano ecuatorial sobre la superficie terrestre origina un círculo (más propiamente una elipse) que recibe el nombre de paralelo. El ecuador es el paralelo de mayor longitud. A medida que nos acercamos a los polos, los paralelos son elipses cada vez más pequeños.

Para denominar los paralelos se usa una magnitud angular llamada latitud. La latitud expresa el ángulo del arco que forma el paralelo con el eje ecuatorial.

Al ecuador le corresponde un ángulo de 0 grados. A medida que nos aproximamos al polo Norte, el ángulo aumenta hasta valer 90° en el polo Norte.

Lo mismo ocurre cuando nos aproximamos al polo Sur desde el ecuador. Para diferenciar los paralelos de cada hemisferio deberemos añadir una N (Norte) o S (Sur) al valor angular del paralelo. A cualquier plano que contiene al eje polar y que corta a la tierra se le llama plano

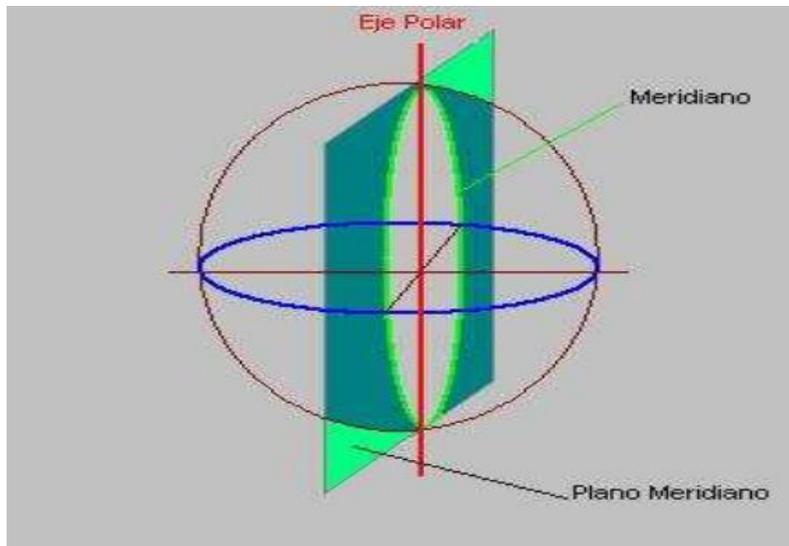
meridiano. Existen infinitos planos meridianos, todos ellos perpendiculares al plano ecuatorial.

La intersección de un plano meridiano sobre la superficie terrestre origina un círculo (o mejor elipse) que recibe el nombre de meridiano. Todos los meridianos pasan por los polos Norte y Sur terrestres, y tienen la misma longitud.

Para numerar los paralelos se usaba el ecuador como referencia. Este era el paralelo cero. Para hacer lo mismo con los meridianos necesitamos elegir uno de ellos como referencia.

Cada nación ha tendido a definir su propio meridiano de referencia, normalmente el que pasa por alguna ciudad relevante o por la capital del país. De este modo en España existe el meridiano de Madrid, que es el que pasa por esta ciudad.

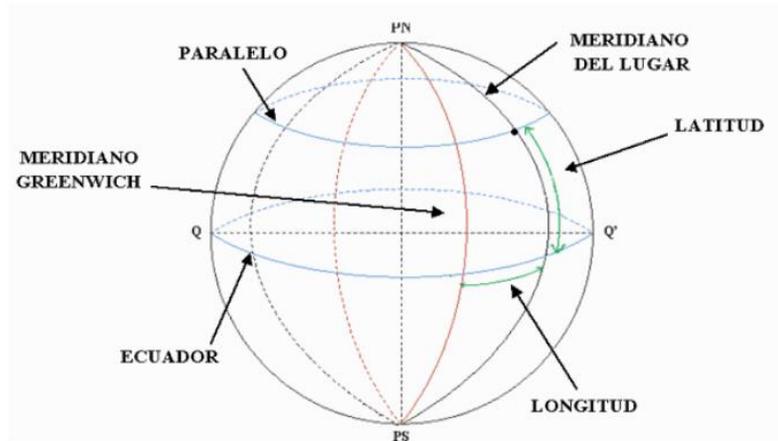
Sin embargo, hoy por hoy la utilización de estos meridianos de referencia está en desuso porque se ha elegido un meridiano de referencia realmente internacional aplicable a todo el globo. El meridiano de referencia que ha tomado la comunidad internacional es el que pasa por la ciudad inglesa de Greenwich, donde existe un importante observatorio astronómico. A este meridiano se le da el valor  $0^{\circ}$ .



*Ilustración 11. Geometría de los Meridianos*

### **1.11.3 Coordenadas Geográficas**

Por cada punto de la superficie terrestre tiene paso un único paralelo y un único meridiano. Esto significa que podemos usar la latitud de ese paralelo y la longitud de ese meridiano con objeto de definir la posición de ese punto en la tierra de forma inequívoca. Estos dos valores, latitud y longitud reciben el nombre conjunto de coordenadas geográficas de un punto.



*Ilustración 12. Coordenada Geográfica*

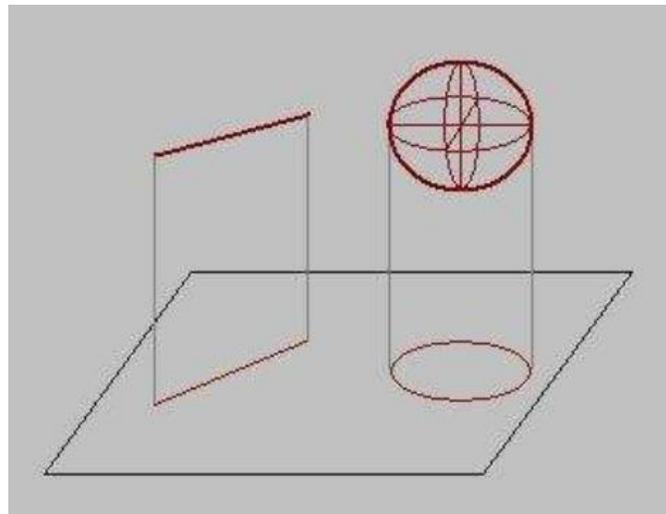
Para continuar con los conceptos básicos utilizados en el desarrollo de esta tesis y que fueron y son utilizados por el Ingeniero Topógrafo en la obra denominada Modernización y Ampliación, mencionaremos el sistema de coordenadas proyectadas, pero para eso debemos considerar primero las proyecciones cartográficas utilizadas en Topografía, ya que es de estas de donde se desprenden las coordenadas mencionadas.

## **1.12 Las Proyecciones**

El concepto de proyección es bastante intuitivo si imaginamos la sombra de una farola sobre una calle. En la figura podemos ver como se proyecta un segmento rectilíneo y una esfera sobre una superficie plana.

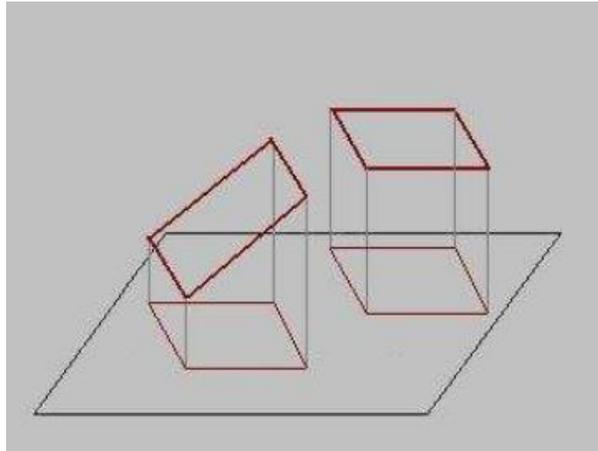
La proyección de un segmento sobre un plano se obtiene llevando los extremos del mismo a aquél. De forma análoga se obtiene la proyección de cuerpos geométricos más complejos como una esfera.

La proyección permite representar mediante dos dimensiones un objeto que, en realidad, es tridimensional. Sin embargo, la información sobre una de las tres dimensiones se pierde en el proceso.



*Ilustración 13. Proyección geométrica*

Obsérvese, por ejemplo, como la proyección de un segmento con diferentes inclinaciones con respecto al plano da lugar al mismo resultado. Por tanto, la proyección del segmento no permite conocer la "verticalidad" del mismo. Se ha perdido esta información salvo que se indique de alguna manera, bien sea de forma numérica ( $20^\circ$ ,  $50^\circ$ , etc.), bien ideando algún sistema gráfico que nos permita reconocer las diferentes inclinaciones.



*Ilustración 14. Proyección deformada*

En la ilustración 14 se observa cómo se proyectan dos planos distintos. Uno de ellos está horizontal, es paralelo al plano de proyección. El otro plano es inclinado. Sin embargo, ambos planos dan lugar a la misma proyección. Este ejemplo muestra la información que se pierde al proyectar objetos sobre una superficie plana. En este caso la altura del plano inclinado se ha perdido.

La pérdida de información al proyectar debe ser compensada con algún sistema que permita recuperarla. Por ejemplo, al intentar proyectar los accidentes del terreno sobre un plano, nos podemos hacer una idea de la dimensión de estos (ancho y largo), pero no podemos saber si el accidente es muy alto o muy profundo. La cartografía ha ideado métodos para proporcionar esta información como son las curvas de nivel que se verán más adelante.

### 1.12.1 Proyecciones Cartográficas

La tierra puede ser representada a escala mediante una bola donde podemos pintar con todo el detalle que podamos los continentes y sus países. No hemos descubierto nada nuevo, hemos hecho la típica "bola del mundo".

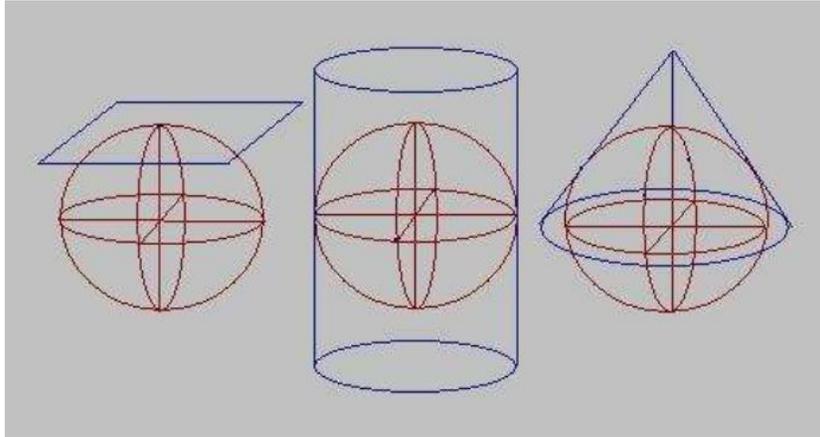
Sin embargo, a nadie se le ocurre llevar este artilugio en el coche para ir de Madrid a Paris, por ejemplo. En efecto, la representación es demasiado pequeña. Se podría hacer una bola del mundo mucho más grande (por ejemplo, de 5 metros de diámetro) pero aun así no tendría todo el detalle que necesitamos y, sobre todo, no nos cabría en el coche. Llegamos a la conclusión que lo que necesitamos es una representación de la superficie terrestre sobre un papel, esto es lo que llamamos un mapa, pero nos encontramos con un problema. La tierra es un elipsoide y el papel es plano.

¿Cómo podemos proyectar la tierra sobre un plano?

Para resolver este problema, los cartógrafos han ideado varios sistemas de proyección que podemos clasificarlos en tres tipos fundamentales:

- **Proyecciones Planas o gnomónicas:** Se obtienen colocando un plano tangente a la tierra en un punto y proyectando los puntos de está sobre aquél. Es la más antigua (600 a.d.c ) conocida.
- **Proyecciones cilíndricas:** Se obtienen al rodear la superficie terrestre mediante un cilindro a modo de canuto, proyectando cada punto de la tierra sobre él.

- **Proyecciones cónicas:** Se obtiene al rodear la superficie terrestre mediante un cono a modo de cucurucho de modo que el eje del cono pasa por el centro de la tierra.



*Ilustración 15. Tipos de Proyecciones*

Para no abundar mucho sobre el inmenso tema de las Proyecciones Cartográficas Topográficas, se describirá la más usada hasta el día de hoy, al menos en México, y en términos generales es la más correcta para utilizarse en trabajos de Geometría de caminos.

La proyección cilíndrica representa la superficie terrestre mediante un cilindro que inscribe a la superficie terrestre. Si el eje de este cilindro se hace coincidir con el eje polar se obtiene una representación fidedigna del ecuador que es el punto de tangencia de la esfera y el cilindro.

Sin embargo, a medida que nos alejamos del ecuador va apareciendo una deformación que se hace muy notable en las inmediaciones de los polos. Por ello no puede ser utilizado para latitudes elevadas (proximidad de los casquetes polares).

Este sistema es el típico usado por muchos "mapamundis". La deformación se pone de manifiesto al fijarse en que Groenlandia, por ejemplo, posee un tamaño descomunal en comparación con el continente europeo, cuando en realidad no es así. A medida que nos alejamos del ecuador hacia los polos, el tamaño de los continentes se alarga en dirección ecuatorial.

La proyección U.T.M. es un tipo particular de proyección cilíndrica muy utilizada. Posee las siguientes características:

- Es una proyección cilíndrica: Se obtiene proyectando el globo terráqueo sobre una superficie cilíndrica.
- Es una proyección transversa: El cilindro es tangente a la superficie terrestre según un meridiano. El eje del cilindro coincide, pues, con el eje ecuatorial.
- Es una proyección conforme: Mantiene el valor de los ángulos. Si se mide un ángulo sobre la proyección coincide con la medida sobre el elipsoide terrestre.

*Las ventajas de esta proyección son las siguientes:*

- 1) Los paralelos y los meridianos aparecen representados mediante líneas rectas formando una cuadrícula. El sistema de coordenadas pasa de ser esférico a ser rectangular. Resulta sencillo señalar puntos y trazar rumbos entre ellos.
- 2) Las distancias se miden fácilmente. A distancias pequeñas la línea que une dos puntos es una recta (Esto que parece obvio no lo es tanto. Si pones los dedos entre dos puntos de una bola del mundo verás que la distancia más corta entre ellos es una línea curva trazada sobre la superficie terrestre).
- 3) Para áreas pequeñas se conserva la forma de los accidentes geográficos sin deformación significativa.
- 4) Los rumbos y las direcciones se marcan con facilidad.

*Como principales inconvenientes señalar que:*

- 1) No existe una uniformidad en la escala de distancias. Las distancias se agrandan a medida que nos separamos del punto de tangencia esfera cilindro en la dirección perpendicular al cilindro.
- 2) En latitudes elevadas, alejándonos del punto de tangencia, la deformación es cada vez más importante.

- 3) No se guarda proporción entre las superficies a diferentes latitudes.
- 4) No se pueden representar las zonas polares.

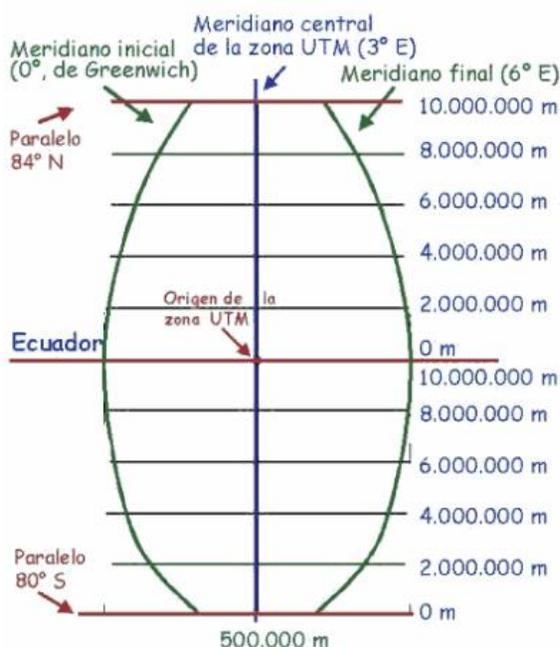
Para resolver el problema de la deformación de la proyección U.T.M. a medida que nos alejamos del meridiano de tangencia lo que se ha hecho es subdividir la superficie terrestre en 60 husos o zonas iguales de 6 grados de longitud. Con ello resultan 60 proyecciones iguales, pero cada una con su respectivo meridiano central. Cada Huso debe imaginarse como un gajo de una naranja.

Los Husos se numeran del 1 al 60 comenzando desde el antimeridiano de Greenwich ( $180^{\circ}$ ) hacia el Este. De este modo el Huso comprendido entre  $180^{\circ}$  W y  $174^{\circ}$  W es el primero. El huso comprendido entre  $6^{\circ}$  W y  $0^{\circ}$  E es el 30.

A su vez dentro de cada huso se establece una división en zonas. Cada zona posee  $8^{\circ}$  de Latitud y  $6^{\circ}$  de Longitud, y se designa con el número de su huso y una letra mayúscula. El resultado final es una cuadrícula como la que se muestra en la figura: La cuadrícula U.T.M (C.U.T.M).

Para denominar las zonas se usa, como se ha dicho una letra mayúscula. Para ello se ha seguido la dirección de Sur a Norte y se ha empezado por la letra C siguiéndose el alfabeto suprimiéndose las vocales y las letras que pueden confundirse con un número (la B, la O)

y la letra P. Las zonas entre la M y la X corresponden al hemisferio Norte, y al hemisferio Sur las restantes. Como excepción, la zona X, posee 12° de latitud y se extiende desde los 72° N hasta los 84° N.



*Ilustración 16. Geometría del Huso*

La proyección U.T.M., por las razones ya mencionadas, no recogen latitudes superiores a los 84°N y a los 80°S. La primera zona, de letra X, aparece entre los 84° N y los 72° N de latitud, y la última, con la letra C, entre los 72° S y los 80°S.

En la ilustración 16 se observa el resultado de proyectar el huso 31 según su meridiano central (3° E). Como se ve este lo divide en dos partes iguales. Esto permite establecer dos ejes cartesianos X e Y sobre el huso, de tal manera que el eje X es el ecuador y el eje Y el meridiano

central. Estos ejes cartesianos permiten, pues, determinar puntos sobre el Huso haciendo uso de dos coordenadas rectangulares X e Y, que se denominan coordenadas U.T.M.

El origen del sistema de coordenadas U.T.M se encuentra en la intersección del Ecuador con el meridiano central del Huso. Cada Huso, pues, posee su propio origen de coordenadas.

La idea de las coordenadas U.T.M. es que sus dos valores X e Y siempre sean positivos. Por ello no se han elegido las coordenadas  $X=0$  e  $Y=0$  para el origen.

## **Capítulo 2. Descripción del Proyecto**

### **2.1 Proceso de Crecimiento en Panamá**

La Provincia de Panamá es el mayor centro poblado y el principal motor económico del país. Debido a la potencia de sus actividades económicas tradicionales (comercio vinculado al Canal, agropecuario) más otras más recientes (construcción, finanzas, servicios, turismo) la urbe es la punta de lanza de una economía nacional en expansión que en los últimos años ha mantenido un comportamiento muy favorable. Con tasas de crecimiento anual de 7.5% en 2004, 12.1% en 2007 y de 10.1% en el año 2008.

En la actualidad Panamá es el país centroamericano con un mejor Índice de Desarrollo Humano y el sexto de la región (PNUD, 2013). En los últimos años también se ha producido una importante reducción tanto de la pobreza general (que descendió del 42.1% de la población en el año 1991 al 26.5% en el año 2012) así como de la pobreza extrema, que se redujo en el conjunto del país del 26.0% en 1991 al 11.1% (CEPAL, 2013).

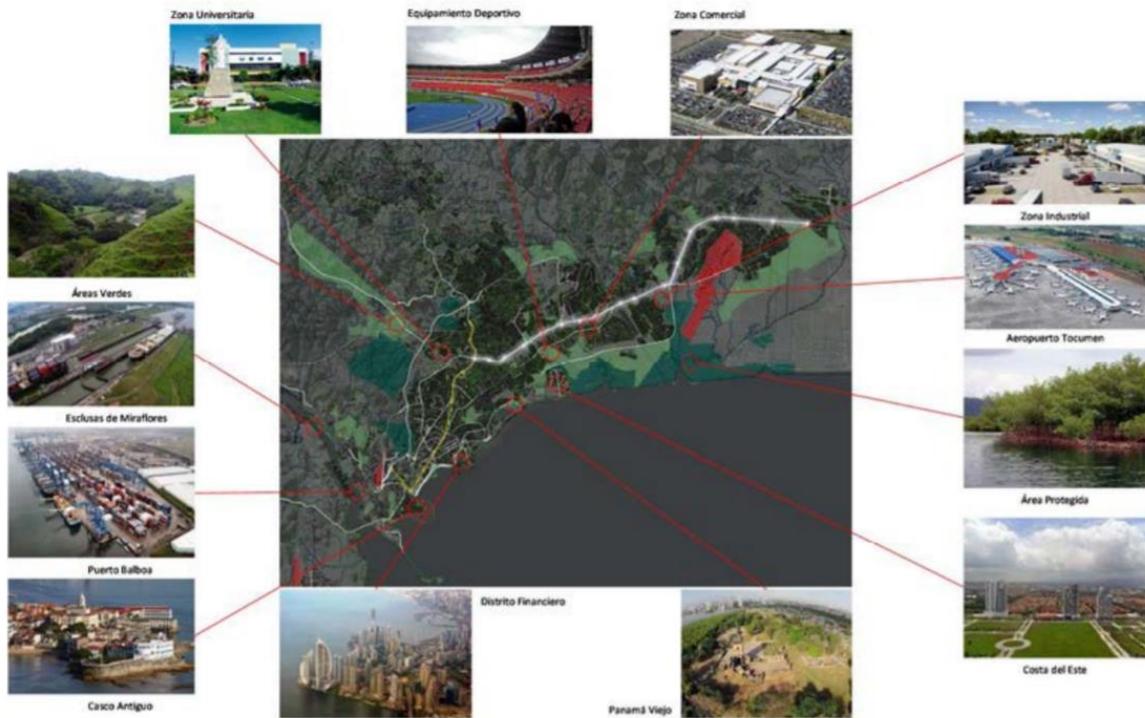
Estos datos positivos contrastan con la fuerte desigualdad todavía existente en el país, que se agrava en las ciudades. A pesar de que se han reducido, y que amplias zonas residenciales tradicionalmente consideradas de clase baja han evolucionado a zonas de clase media-baja y media, todavía persisten importantes bolsas de pobreza urbana. Distritos como los de San Miguelito, por donde transcurrirá parte de la Línea 2, son muestra de ello. Debido a diferentes procesos históricos

que se analizarán en páginas sucesivas de este documento, parte de las zonas donde vive la población con menos recursos nacieron de procesos irregulares de asentamiento por lo que cuentan con importantes carencias estructurales de difícil y costosa solución (Espino y Gordón, 2015).

Como analizado recientemente por los estudios realizados por la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sustentables del Banco Interamericano de Desarrollo (ICES, 2015), el área metropolitana tiene por delante un futuro brillante, pero no exenta de riesgos o debilidades. Entre ellos destacan, sólo por citar algunos, la proliferación de crecimientos exclusivamente residenciales en lotes mínimos y alejados del empleo y comercio, sin suficientes espacios libres, equipamientos y servicios; discontinuidad en la huella urbana; insuficiente y deficiente calidad de los servicios públicos; o la excesiva concentración de empleos en el centro de Panamá lo que, unido al crecimiento predominantemente residencial suburbano en baja densidad, supone un fuerte desequilibrio en los usos del centro y la periferia multiplicando los desplazamientos (PIMUS, 2015).

Las proyecciones demográficas realizadas por IDOM para el estudio ICES muestran que la zona presenta importantes previsiones de crecimiento. El conjunto del Área Metropolitana Pacífico podría pasar de los 3.8 millones de habitantes actuales a los 5.7 millones en el año 2050 (en 2030, 4.8 millones). Estas previsiones indican que el Distrito de Panamá podría crecer de los 934,000 residentes actuales a casi 1.5 en 2050, mientras que San Miguelito se mantendría algo más estable (de

los 320,000 actuales a 355,000 en 2050) debido a que ya no cuenta con espacio físico para crecer y sólo puede hacerlo aumentando su densidad de ocupación.



*Ilustración 17. Contexto territorial del área metropolitana*

## 2.2 Impacto Esperado

El objetivo general del proyecto de construcción de la Línea 2 del Sistema Metro de Panamá es mejorar la movilidad urbana en el Área Metropolitana, desde su subregión Pacífico Este hacia el centro y viceversa, incorporando al actual sistema de transporte público otra alternativa de transporte masivo.

La justificación de la realización del proyecto se sustenta en diferentes problemáticas urbanas que afectan al conjunto del Área Metropolitana: la ciudad crece verticalmente en las zonas centrales y horizontalmente hacia la periferia lo que ocasiona congestión vehicular e incrementa las distancias de viaje; el sistema vial principal tiene un muy bajo nivel de servicio, que se traduce en bajas velocidades en horas pico por los principales corredores y altos tiempos de viaje; un sistema de transporte público que comienza a modernizarse, pero donde aún se observan altos tiempos de viaje; rápido crecimiento en el nivel de motorización de la población; se desfavorece a quienes viven más lejos, que en su mayoría son también quienes tienen niveles de ingreso más bajos; costos de transporte elevados, en particular para las personas que viven en la periferia.

A partir del año 2009 se buscó empezar a solucionar los graves problemas de movilidad que se venían acumulando en la ciudad mediante intervenciones grandes en la ampliación de la infraestructura vial, la construcción de distribuidores a desnivel, la terminación de los anillos viales y la cinta costera en sus diferentes fases. También se implementó el sistema del Metrobús, cuya efectividad todavía no ha sido la esperada, y se construyó la Línea 1 del Metro de Panamá, que empezó su operación comercial en 2014 y que fue extendida en 2014 desde la estación de Los Andes hasta San Isidro (URS, 2015).

En sus primeros años de operación la Línea 1 ha sido un importante éxito superando las previsiones y acumulando en el año 2015 una media de 5.5 millones de viajeros cada mes.

La Línea 2 supone el inicio de la expansión de la red de metro existente con un nuevo trazado de 21 kilómetros de vía elevada y 17 estaciones que confluirá con la Línea 1 en la actuación Estación de San Miguelito, reforzando su papel como importante nodo multimodal. La inauguración de la nueva línea está prevista para diciembre de 2018, teniendo una capacidad inicial para transportar 16,000 personas por hora sentido y está diseñada para una capacidad de más de 40 mil pasajeros hora sentido (MPSA, 2016).

Según el Estudio de Impacto Ambiental de la Línea 2 (URS, 2015), su puesta en servicio está previsto que suponga también un aumento en el uso de la Línea 1, pudiendo alcanzar entre ambas en el año 2020 más de 170,000 pasajeros en sus horas pico (de 6 a 8 a.m.), lo que se traduciría en casi un millón de pasajeros diarios. Del total de viajeros que manejaría la Línea 2 más de la mitad de transferiría a Línea 1, significando el 38% de la demanda de esta.

La puesta en servicio en el año 2014 de la Línea 1 del Metro de Panamá ha supuesto un hito en la vida social, económica y ambiental de la Ciudad, y del conjunto del país, al darse un importante paso para el establecimiento de un mejor y más moderno sistema de transporte masivo, rápido, eficiente y seguro.

En septiembre del año 2015 se iniciaron las obras de construcción de la Línea 2 cuya puesta en servicio supondrá consolidar y amplificar el impacto que ya ha supuesto la primera línea en la estructura urbana de la zona metropolitana, siendo uno de los principales retos el conseguir

potenciar los efectos urbanos del nuevo sistema de transporte en sus áreas adyacentes como la ampliación de usos de suelo mixtos, aumentar la densidad de población o conseguir una mejor dotación para los espacios públicos.

En este contexto Metro de Panamá S.A., en el marco de sus competencias sobre el transporte urbano y su estrecha relación con el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, así como con las municipalidades de Panamá y de San Miguelito, con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo, licitó un concurso público internacional titulado “Diagnóstico y Análisis Urbanístico del Área de Influencia de la Línea 2 del Sistema Metro de Panamá”. La firma de consultoría internacional IDOM presentó en el citado concurso la oferta más ventajosa.

La información recopilada hasta este punto fue la base para la elaboración de la base cartográfica del diagnóstico, compuesta por los siguientes principales planos temáticos:

- Ubicación a escala regional, nacional y local (1:100,000),
- Contexto urbano (1:15,000),
- Caracterización general de la zona
  1. Delimitación y sectorización (1:25,000),
  2. División política-administrativa (1:15,000),

- Caracterización física y ambiental

1. Topografía (1:25,000),
2. Pendientes (1:25,000),
3. Medio biótico (1:25,000).
4. Susceptibilidad a inundaciones (1:25,000).

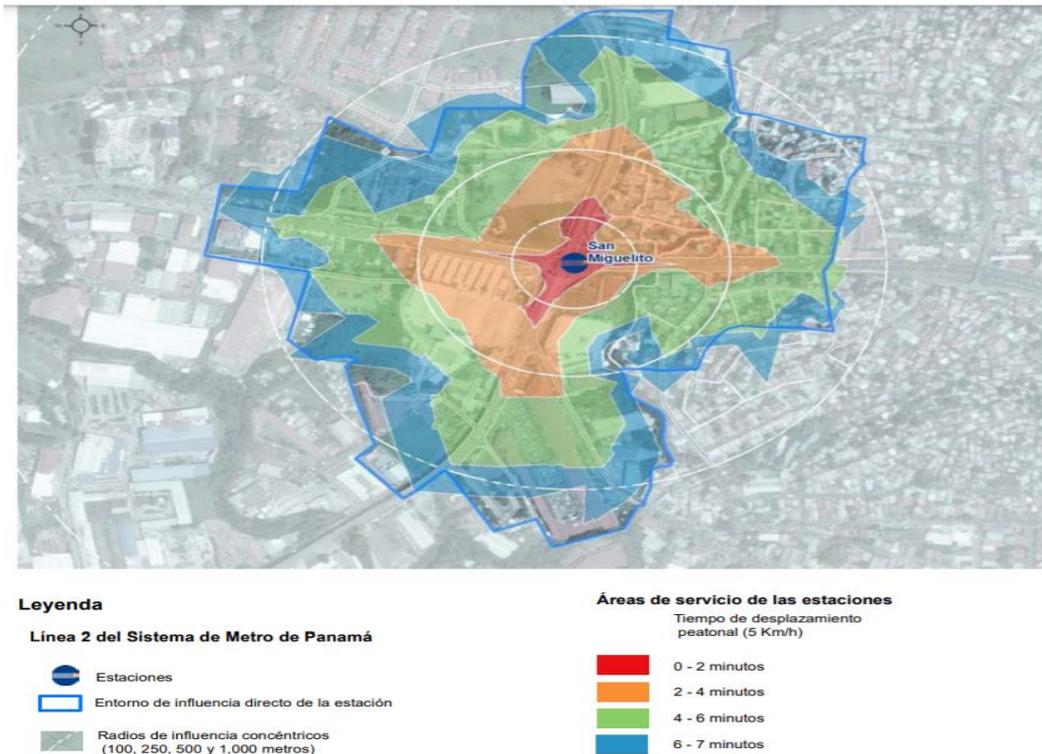
- Morfología urbana

1. Jerarquía vial (1:5,000),
2. Plano figura del suelo, (1:5,000),
3. Estructura urbana y funcionamiento espacial (1:25,000),
4. Situación catastral (1:25,000),
5. Altimetría (1:25,000),
6. Estado de las edificaciones (1:5,000),
7. Axonométricos de los entornos de las estaciones (radio de 500 metros).

- Usos

1. Zonificación vigente (1:5,000),
2. Uso de suelo (1:5,000),
3. Uso de la estructura según el censo (1:15,000),
4. Equipamiento (1:15,000),
5. Espacios Públicos (1:25,000),
6. Nuevos proyectos en curso (1:25,000).

- Movilidad
  1. Rutas de transporte público (1:15,000),
  2. Red de aceras peatonales (1:5,000),
  3. Movilidad urbana (flujos peatonales) (1:5,000)
  4. Isócronas peatonales a las bocas de metro (1:5,000).
- Infraestructuras
  1. Acueducto público (1:5,000),
  2. Sistema de alcantarillado sanitario (1:5,000),
  3. Suministro de energía eléctrica (1:5,000),
  4. Comunicaciones (1:5,000).
- Socio economía
  1. Densidad de población (1:15,000),
  2. Densidad de vivienda (1:15,000),
  3. Empleo por barrio (1:15,000) y por estructura (1:5,000),
  4. Nivel socio económico (1:25,000),
  5. Porcentaje de hogares con auto (1:15,000).
  6. Percepción de la comunidad (1:25,000).



*Ilustración 18. Áreas de servicio e isócronas peatonales Estación San Miguelito*

## 2.3 Línea Ferroviaria 2

La inauguración en el año 2014 de la Línea 1 del Metro de Panamá ha supuesto un hito en la vida social, económica y ambiental de la Ciudad, y del conjunto del país, al darse un importante paso para el establecimiento de un mejor y más moderno sistema de transporte masivo, rápido, eficiente y seguro.

La creación de la Línea 2 supondrá consolidar y amplificar el impacto que ya ha supuesto la primera línea en la estructura urbana de la zona metropolitana, siendo uno de los principales retos el conseguir potenciar los efectos urbanos del nuevo sistema de transporte en sus áreas adyacentes como la ampliación de usos de suelo mixtos, aumentar

la densidad de población o conseguir una mejor dotación para los espacios públicos.

En este contexto Metro de Panamá S.A., en el marco de sus competencias sobre el transporte urbano y su estrecha relación con el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo, licitó un concurso público internacional titulado “Diagnóstico y Análisis Urbanístico del Área de Influencia de la Línea 2 del Sistema Metro de Panamá”. La firma de consultoría internacional IDOM presentó en el citado concurso la oferta más ventajosa.

El diagnóstico y análisis urbanístico a realizar permitirá identificar las oportunidades y restricciones que la nueva facilidad de transporte público masivo pueda generar en su entorno construido, El área de influencia de la nueva línea de Metro va a ser un nuevo espacio de oportunidad para la ciudad. Contribuyendo a hacer la ciudad más funcional y eficiente, pero también más habitable, vital y sostenible ambientalmente.

Contribuyendo a generar nuevas centralidades y espacios de paseo, compra o encuentro ciudadano, Durante la redacción del estudio será importante tener también en cuenta de que este documento será un insumo orientativo para la propuesta futura de Plan Parcial de Ordenamiento Territorial del Polígono de Influencia de la Línea 2.

Siguiendo lo señalado en los términos de referencia del estudio, sus objetivos específicos de deberán ser cumplidos de manera rigurosa y clara:

- (1) Delimitación y sectorización del área en estudio,
- (2) Levantamiento de información,
- (3) Caracterización y análisis socioeconómico,
- (4) Caracterización urbanística,
- (5) Caracterización de la movilidad,
- (6) Análisis de infraestructura,
- (7) Diagnóstico urbano estratégico,
- (8) Conformación de base de datos geo-referenciados que organice la información de los estudios.

No cabe duda que en los aspectos enlistados figura la importancia del Ingeniero Topógrafo y Geodesta, así como la relación con otras disciplinas del área de la ingeniería.

## **2.4 Principales Fuentes a Revisión**

Tras la Reunión de Lanzamiento del proyecto realizada el 11 de agosto de 2015 en Ciudad de Panamá, se identifican a las siguientes entidades como las principales fuentes de información de base para el proyecto:

- Equipo técnico de Metro de Panamá S.A.,
- MIVIOT,
- Ministerio de Obras Públicas,
- Ministerio de Salud,
- Dirección de Planificación Urbana de Alcaldía de Panamá,
- Alcaldía de San Miguelito,
- Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP),
- Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN),
- Autoridad de Tránsito y Transporte Terrestre (ATTT),
- Compañía Eléctrica ENSA,
- Universidad de Panamá, en especial su Centro Regional en San Miguelito,
- Empresa de telecomunicaciones CW Panamá,
- Aeropuerto Internacional de Tocumen.

Con el apoyo de Metro de Panamá se han remitido cartas de solicitud de entrevista a estas entidades, habiéndose ya realizado las primeras.

A su vez, se procede a la recopilación y análisis cartográfico. También se recopilan y analizan algunos documentos de especial interés, destacando:

- Estudio de Impacto Ambiental de la Línea 2,
- Diagnóstico del PIMUS,
- Plan Metropolitano,
- POT Mañanitas,

- Esquemas de ordenamientos presentados al MIVIOT para la zona objeto de proyecto.

## **2.5 Revisión de la Delimitación del Área de Estudio**

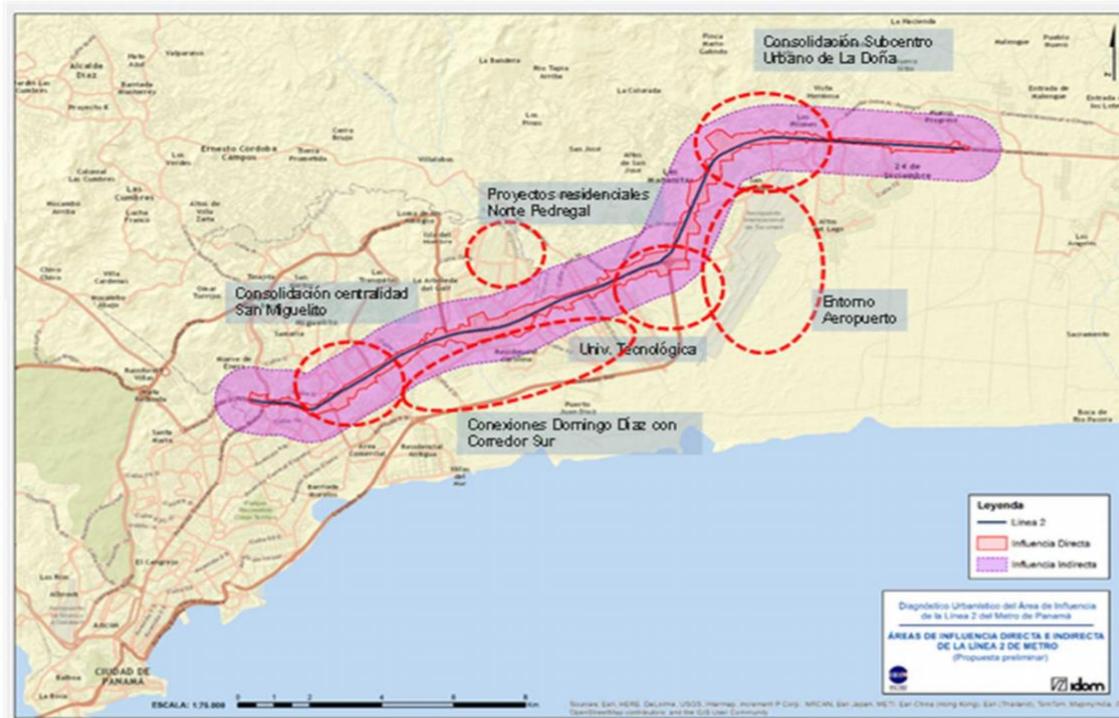
En los términos de referencia del proyecto se señala que “el ámbito espacial del área de estudio contemplará el área geográfica delimitada en el polígono de influencia de la Línea 2, que será proporcionada por la SMP, más una segunda corona propuesta por el consultor (...)

Esta segunda corona deberá en la medida de lo posible estar en correspondencia con el área que adopte el Estudio de Impacto Ambiental”.

El polígono proporcionado Metro de Panamá S.A. para la ZONA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA LÍNEA 2 cuenta con un total de 898 Hectáreas de superficie total y 110 metros de ancho en su punto más estrecho y 900 donde más ancho (sumando ambos lados de la línea).

A su vez, el polígono elaborado por el Estudio de Impacto Ambiental para la ZONA DE INFLUENCIA INDIRECTA DE LA LÍNEA 2 tiene 4,951 Hectáreas de superficie total e invariablemente 2,000 metros sumando ambos lados de la línea. En la siguiente ilustración se muestra como serían las zonas de INFLUENCIA DIRECTA e INDIRECTA siguiendo estrictamente lo señalado en los pliegos.

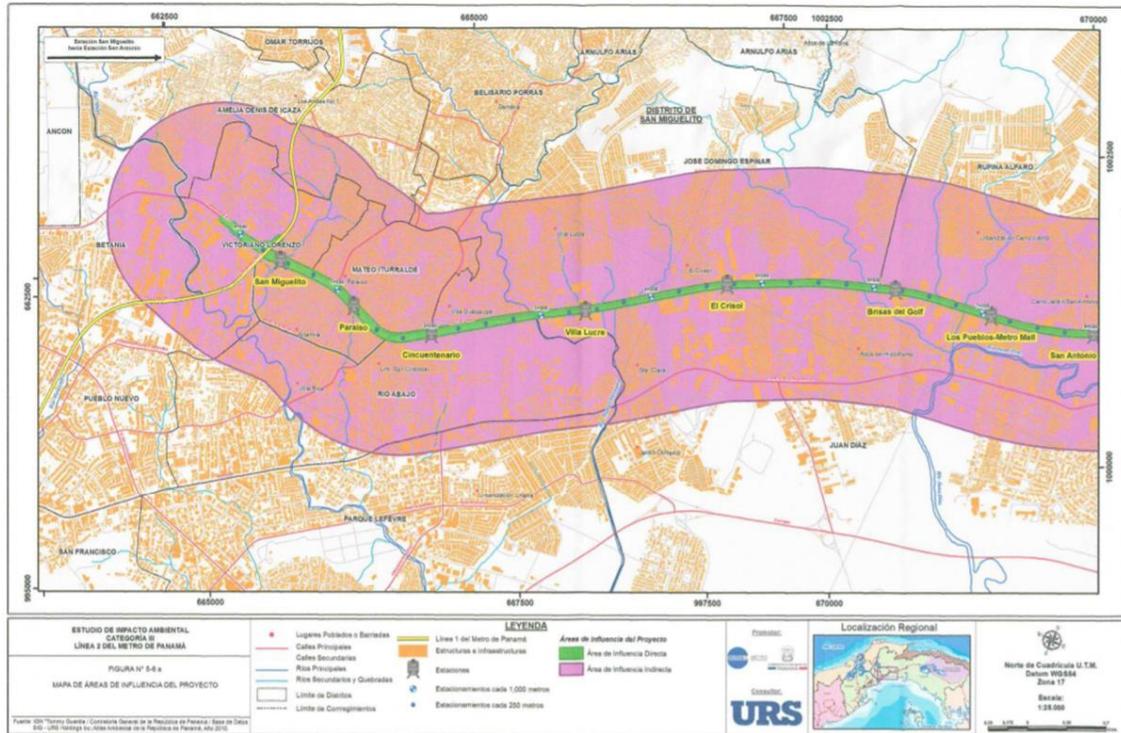
Se observa además que algunas zonas importantes para el presente y futuro de la Ciudad no entrarían en el diagnóstico, mientras que otras serían objeto de estudios demasiado detallados y posteriores.



*Ilustración 19. Zonas de interés urbano con áreas de influencia*

**Área de Influencia Directa.** - Siguiendo lo señalado en los términos de referencia el área de influencia directa de la Línea 2 será la establecida por el polígono entregado por Metro de Panamá.

**Área de Influencia Indirecta.** - En el caso de seguir estrictamente lo señalado en los términos de referencia, el área de influencia indirecta de la Línea 2 debería ser el corredor de 2 kilómetros de ancho ya analizado por el Estudio de Impacto Ambiental.



*Ilustración 20. Ejemplo de Área de influencia Indirecta*

Aunque, por supuesto, este corredor deberá ser tomado en cuenta, con el objeto de que los productos finales de este Diagnóstico tengan mayor utilidad, desde IDOM se propone afinar este ámbito de influencia indirecta de la Línea 2 al área urbana caminable en 10 minutos desde las diferentes paradas de metro. Aquí las actividades de levantamiento de información se centrarán en infraestructuras que faciliten la accesibilidad peatonal: estado de las aceras, espacios públicos, iluminación o vegetación.

La determinación de este polígono de área de influencia indirecta basado en el cálculo de los previsible recorridos peatonales hacia el metro será realizada por IDOM durante las primeras fases del estudio tomando en consideración los dos siguientes criterios principales:

- El desplazamiento medio a pie a los medios de transporte es de 4,94 minutos en la ciudad,
- Hay significativos sesgos según nivel de ingresos: 3,34 minutos/viaje para nivel de ingresos alto por 5,84 minutos/viaje para el nivel social más bajo,
- Específicamente para acceder al metro, el desplazamiento medio caminando es de 6,8 minutos. Uno de los más altos.

Medio de transporte	Media trayecto caminando (minutos)
A pie	14,0
Bicicleta	8,2
<b>Metro</b>	<b>6,8</b>
Metrobus	5,4
Microbus	5,2
Camión/pasajero	5,0
Transporte del trabajo	4,9
Taxi	4,0
Bus escolar	3,2
Privado/pasajero	2,8
Camión/conductor	2,3
Privado/conductor	2,2
Motocicleta/conductor	2,2
Motocicleta/pasajero	2,1
<b>TOTAL</b>	<b>4,94</b>

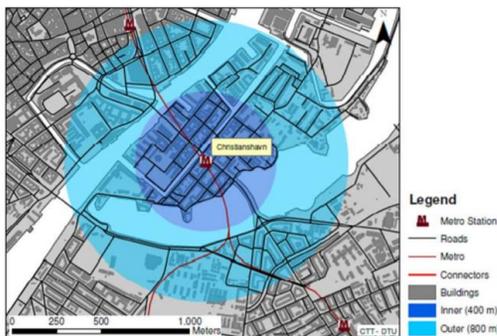
*Tabla 1. Media del trayecto sobre la base de la Encuesta PIMUS (N=8,123 casos). Año 2015*

## 2.6 Estimación del Trazo

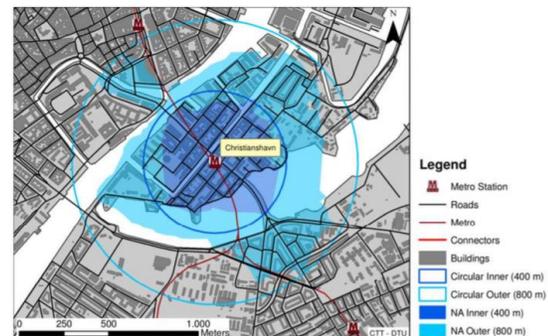
La estimación del trazado de los previsible recorridos peatonales se realiza teniendo en cuenta barreras físicas y urbanísticas.

Una práctica habitual de los estudios de tráfico es establecer áreas de influencia (catchment áreas) geométricas basadas en distancias promedio con respecto a la infraestructura de transporte masivo.

Como se puede observar en los siguientes ejemplos, utilizar esta delimitación aquí puede inducir a error dada la existencia en la zona de estudio de barreras físicas (quebradas, desniveles) y, sobre todo, urbanísticas (calles mal trazadas sin salida,...).



Área de Influencia de una estación de metro basada en distancia promedio



Área de Influencia de una estación de metro teniendo en cuenta accesibilidad peatonal (accidentes geográficos, trama urbana)

*Ilustración 21. Esquema Comparativo para establecer áreas de influencia*

## 2.7 Área Estratégica

Con el objeto de no dejar de lado cuestiones relevantes que están pasando fuera de este sector de la ciudad, se propone tomar en consideración una nueva área de estudio que podría denominarse como estratégica.

Esta es una zona de superficie variable y que se definirá de común acuerdo con los principales agentes involucrados (MIVIOT, Alcaldía, MPSA).

Puede incluir zonas de crecimiento a corto-medio-largo plazo y/o especial interés estratégico situadas a más de 1 km de la Línea 2 de Metro como, por ejemplo, el entorno al Aeropuerto.

En este ámbito no está previsto realizar trabajos para este estudio ni de inventario ni de muestreo.

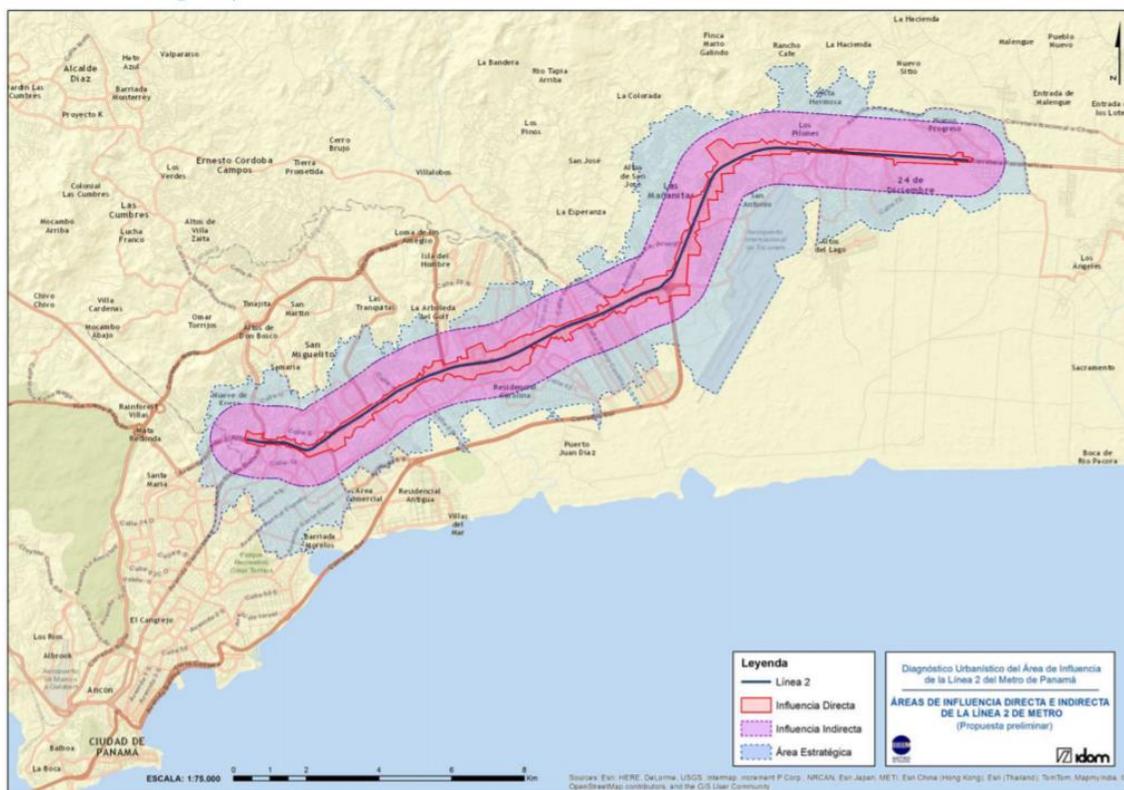


Ilustración 22. Área estratégica y Relación con área de influencia

## 2.8 Revisión de los Entregables

Tras las visitas de campo, revisión de la información cartográfica de partida y las conversaciones mantenidas con Metro de Panamá, MIVIOT y Municipalidad durante las reuniones de lanzamiento y de presentación del Plan de Trabajo, estos son los cambios introducidos en los alcances de los diagramas a elaborar siguiendo lo señalado en los términos de referencia.

N°	Título	Escala	Descripción según TdR	Disponibilidad información de base	Fuente	Año	Conclusiones para este proyecto
1	Ubicación a escala regional, nacional y local	No se específica	Estos pueden aparecer sólo diagramáticamente en el texto		INEC	2010	Se puede hacer
2	Contexto urbano	1:15.000	Muestra el alineamiento de la ruta del metro y ubicación de estaciones provistas por la SMP, el área de influencia directa e indirecta identificada con su contorno o plano de color uniforme. Se identifican como rasgos principales las vías, predios y estructuras y se demarcan los corregimientos y barrios urbanos que se intersectan. En el análisis llevará una lista de los distritos, corregimientos y barrios sobre los que yace cada zona. En este mapa se enfatizarán los elementos físicos y la calidad de línea permitirá leer cada vía y estructura de modo independiente las estructuras llevarán un sombreado gris o negro.		INEC PIMUS Metro Panamá Elaboración propia (áreas influencia)	2010 2015	Se puede hacer
3	Delimitación y sectorización	1:25.000	Caracterización de los sectores que muestre la vialidad, estructuras, nombres de vías importantes y división en barrios, en el contexto urbano de cómo se inserta en el área metropolitana.		INEC Elaboración propia (sectorización)	2010	Se puede hacer
4	División política-administrativa	1:15.000	División de los distritos, corregimientos lugares poblados y barrios y se utiliza la vialidad como un elemento secundario que permite ubicar.		INEC	2010	Se puede hacer
5	Topografía	No se específica	Indicando vías, predios y estructuras con cotas a 20m o mayor precisión. Éste mapa de terreno será utilizado como fondo para los demás mapas temáticos, fuera de la zona de estudio		MIVIOT MDT Aster	¿?	Se puede hacer
6	Pendientes	No se específica	Con fondo de degradación de colores zonas con pendientes en los siguientes rangos: 1-5%, 5-15%, 15-30% y >30%.		MIVIOT Elaboración propia	¿?	Se puede hacer
7	Medio biótico	1:25.000	Categorización de cobertura boscosa o vegetal, incluyendo el espacio público y privado, bosques, servidumbres de río con sus bosques de galería correspondientes, áreas deforestadas		MIVIOT ANAM Alcaldía	2000	Se puede hacer
8	Jerarquía vial	1:5.000	Área de estudio hasta la influencia indirecta, identificadas en su contorno. Se resalta la vialidad, categorizada en vías arteriales, colectoras y locales. Se indica ya sea en tabla adjunta o en rotulación de las vías en el mapa y diagrama el ancho de vía, la servidumbre vial y la línea de construcción de cada vía. Se citan las resoluciones pertinentes a la declaración de ancho de vía de las vías principales y aquellas que se consideren importantes por el equipo consultor, con respecto a su interacción con la línea de metro propuesta.		INEC PIMUS	2015	Se puede hacer
9	Altimetría	1:5.000	Altura en pisos de las distintas estructuras, para generar este mapa se podrá utilizar el campo NUPLAN de la base de datos SIG de la contraloría de la república, complementado con el inventario de campo. Se categorizarán las estructuras en rangos uniformes, iniciando con una planta y culminando con el valor más alto presentando en la muestra. Se anexará una tabla desglosando la distribución de estructuras en los distintos rangos por conteo de elementos.		INEC	2010	Se puede hacer
10	Estado de las Edificaciones	1:5.000	Con tabla anexa cuantitativa desglosando la distribución de edificaciones en las tipologías identificadas en el mapa.		Elaboración propia (inventario)	-	Se puede hacer

Nº	Título	Escala	Descripción según TdR	Disponibilidad de información de base	Fuente	Año	Conclusiones para este proyecto
11	Zonificación Vigente	1:5.000	El consultor solicitará al MVIOT la información actualizada de zonificación, indicando la norma asignada a través de código de zona y la zona sobre la que aplica cada asignación. Acompañará este mapa una tabla de análisis de la distribución de metros de parcelario neto a los que ha sido asignada cada norma, se hará una tabla complementaria en que las normas se agruparán por las siguientes categorías: residencial, comercial, industrial, institucional, espacios abiertos y otras si las hubiera. En un mapa aparte se desglosarán las categorías según densidades altas, medias y bajas (residenciales) e intensidades barriales y urbanas (comerciales).		MVIOT	¿?	Se puede hacer
12	Uso del Suelo	1:5.000			INEC	2010	Se puede hacer
13.1	Empleo (resumen)	1:25.000	El mapa resumen tendrá información cuantitativa especializada de a ubicación de empleo localizado agregada por barrio acompañada de una tabla donde se compare con la población residente y se establezca la diferencia en cifra y porcentaje. Utilizarán código de color para indicar categorías y degradaciones para mostrar concentración del empleo localizado. No deben graficarse más de 4 rangos de degradación.		INEC Censo económico 2012	2012	Se puede hacer
13.2	Empleo (barrio)	1:15.000	Por barrio y por estructura se mostrará en los mapas las categorías de actividades productivas. Utilizarán código de color para indicar categorías y degradaciones para mostrar concentración del empleo localizado. No deben graficarse más de 4 rangos de degradación.		INEC Censo económico 2012	2012	No puede hacerse al no estar la información desagregada a este nivel
13.3	Empleo (estructura)	1:5.000	Por barrio y por estructura se mostrará en los mapas las categorías de actividades productivas. Utilizarán código de color para indicar categorías y degradaciones para mostrar concentración del empleo localizado. No deben graficarse más de 4 rangos de degradación.		INEC Censo económico 2012	2012	No puede hacerse al no estar la información desagregada a este nivel
14	Densidad (barrio o manzana)	1:15.000			INEC	2010	Se puede hacer
15	Porcentaje de hogares con auto (barrio o manzana)	1:15.000	La resolución más alta que sea posible con la base de datos de la contraloría		Censo de Población y Vivienda. INEC	2010	Se puede hacer
16	Uso de la estructura según el censo	No se especifica	Utilizando la codificación del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República.		Censo de Población y Vivienda. INEC	2010	Se puede hacer
17	Estructura Urbana y funcionamiento espacial	1:25.000	El grafismo de este mapa y diagrama serán consistentes con los otros elaborados y quedará al consultor asegurar.		Fotointerpretación Google Earth y Ortofotos de Alcaldía Panamá	2015	Se puede hacer
18	Situación Catastral (mapa resumen)	1:25.000	Mostrará el parcelario y la tenencia según categoría pública o privada. Mapa de lotes por superficie.		ANATI	2008	Se puede hacer

Nº	Título	Escala	Descripción según TdR	Disponibilidad de información de base	Fuente	Año	Conclusiones para este proyecto
19.1	Equipamiento público (mapa resumen)	1:15.000	Bibliotecas, instalaciones de salud, educación, cultura, teatros, galerías y deportes.		Censo de Población y Vivienda. INEC	2010	Se puede hacer
19.2	Equipamiento público (mapa específico)	1:15.000	Público y lo privado		Censo de Población y Vivienda. INEC	2010	Se puede hacer
20.1	Movilidad urbana (ruta de buses y estaciones)	1:15.000			PIMUS	2015	Se puede hacer
20.2	Movilidad urbana (red de aceras peatonales existentes)	1:15.000			Visita de Campo	2015	Se puede hacer
20.3	Movilidad urbana (flujos peatonales)	1:15.000	Serán los requeridos hasta las estaciones		Visita de Campo	2015	Se puede hacer
20.4	Movilidad urbana (síntesis de la caracterización)	1:15.000			Visita de Campo y PIMUS	2015	Se puede hacer
21	Levantamiento de mobiliario urbano	1:5.000	Bancas, papeleras, MUPIS, Paradas de bus, zonas pagas, casetas telefónicas, hidrantes, estacionómetros. Incluir vallas publicitarias cuando se ubiquen en la servidumbre pública. Coordinar con mapas de movilidad para elaborar un levantamiento de obstáculos a la movilidad peatonal, es decir, ubicación de tapas, cámaras de inspección, transformadores y cualquier equipamiento o mobiliario que resulte en un obstáculo al tráfico de los peatones por las veredas.				Trabajo de detalle a realizar por el Estudio de Diseño Urbano para la restitución de superficie en el entorno de las Estaciones
22	Entornos de acceso peatonal inmediatos a cada estación	1:1.000	Se realizará un mapa a escala general de la ruta en que se ubicarán los entornos correspondientes a un radio de 300m desde el centro de la estación. Se realizará un mapa ampliado a escala 1:1,000 de cada uno de estos entornos, mostrando calles, estructuras, aceras y veredas.				Trabajo de detalle a realizar por el Estudio de Diseño Urbano para la restitución de superficie en el entorno de las Estaciones
23	Espacios públicos	No se especifica	Indicar parques, tabla con nombre, superficie, categoría de parque y listado de instalaciones de deporte.		Visita de Campo	2015	Se puede hacer

Nº	Título	Escala	Descripción según TdR	Disponibilidad de información de base	Fuente	Año	Conclusiones para este proyecto
24	Inventario arquitectónico	1:15.000	Materiales de construcción de las casas, edad de las edificaciones, condiciones y dotación o precariedad de servicios públicos (cuenta con acueducto, alcantarillado, electricidad, cable tv, Telefonía fija y/o celular, recolección de desechos sólidos.)		Visita de Campo	2015	Demasiado detallado. Reemplazado por caracterización de tipologías de vivienda e inventarios de edificios singulares (equipamientos...)
25	Percepción de la comunidad	1:25.000	Representación espacial (cartográfica) de los resultados de la encuesta de opinión sobre calidad urbana y servicios.		Encuesta de opinión sobre calidad urbana y servicios	2015	Se puede hacer
26	Plano figura del suelo	1:5.000	Se representarán las vías y predios en dibujo lineal y las estructuras que serán polígonos con sombra negra en el interior.		Censo de Población y Vivienda. INEC	2010	Se puede hacer
27	Inventario del equipamiento comunitario	1:15.000	Instalaciones de salud, educación, cultura, seguridad, gobiernos local, municipal y/o provincial, cementerios y todo otro uso público o privado. Podrán ser agrupados por categoría para lectura clara del mapa dependiendo de la cantidad de instalaciones que se encuentren en el área de estudio. Si excede de 1 página por categoría tendrá un mapa resumen.		Censo de Población y Vivienda. INEC	2010	Se puede hacer
28.1	Secciones urbanas transversales a cada estación	1:500	Con una longitud de 300m. Plantas, secciones y axonométrico un análisis tridimensional del área en estudio actual y de la volumetría que podría producir la zonificación vigente		Zonificación vigente (MVIOT) y Censo de Población y Vivienda (INEC)	2010	Se puede hacer
28.2	Axonométricos de los entornos de estación (radio de 300m)	1:500	Con una longitud de 300m. Plantas, secciones y axonométrico un análisis tridimensional del área en estudio actual y de la volumetría que podría producir la zonificación vigente		Zonificación vigente (MVIOT) y Censo de Población y Vivienda (INEC)	2010	Se puede hacer
29.1	Acueducto Público	1:5.000	Estructura y dimensiones del sistema de acueducto. Dimensión, tipo de malla del sistema y capacidad de tuberías. Proyección de requerimientos. Estado de condiciones del sistema.		IDAAN		Se puede hacer
29.2	Sistema de escorrentía y alcantarillado pluvial	1:5.000	Mapa descriptivo del drenaje natural y artificial del terreno, escorrentía de la cobertura actual de los lotes, cuenca de alcantarillado, cuencas, sub-cuencas presentes en el área de estudio, cordones cunetas, Características: dimensión y trazado de tuberías, cunetas abiertas, cordones cuneta, tragantes.		MOP		Se puede hacer
29.3	Sistema de Alcantarillado Sanitario	1:5.000	Características: dimensión y trazado de tuberías, ubicación de registros, existencia de plantas de tratamiento, tanques sépticos, letrinas, estado de condiciones del sistema.		IDAAN		Se puede hacer

Nº	Título	Escala	Descripción según TdR	Disponibilidad de información de base	Fuente	Año	Conclusiones para este proyecto
29.4	Suministro de Energía Eléctrica	1:5.000	Empresas que proveen la Generación, Transmisión y facturación de la energía eléctrica dentro del área de estudio. Tendido eléctrico aéreo o subterráneo. Ubicación de subestaciones eléctricas, postes, transformadores. Situación de demanda actual y proyectada. Calidad del servicio: Apagones, explosión de transformadores, fluctuaciones, daños en equipos de usuarios producto del sistema. Situación y estado de condiciones del sistema de abastecimiento eléctrico. Estos puntos pueden incluirse en la encuesta de calidad urbana.		ENSA		Se puede hacer
29.5	Comunicaciones	1:5.000	Tipos de comunicaciones en el área: Telefonía de línea terrestre, telefonía móvil, televisión de transmisión abierta, por cable, proveedores de internet y datos inalámbricos. proveedores que operan en el área, descripción de la capacidad y calidad del servicio. Estos puntos pueden incluirse en la encuesta de calidad urbana.		ASEP		Se puede hacer

Tabla 2. Términos de referencia del proyecto

## 2.9 Proyecto

Desde el inicio de los estudios en Julio de 2009, para dotar a la Ciudad de Panamá de un sistema de transporte tipo Metro, sobre cuya base se diseñó la Línea 1, la Secretaría del Metro de Panamá conceptualizó el sistema Metro como el componente estructurante de la red integrada de transporte público del Área Metropolitana de Panamá y en tal sentido analizó y propuso la red maestra de transporte masivo del área metropolitana de la ciudad, considerando como horizonte de planificación el año 2035.

La muy restringida capacidad de crecimiento que tiene el sistema vial existente, debido a la configuración estrecha y alargada del Área Metropolitana determinó que se planteara servir los corredores troncales de transporte público con tecnologías de transporte masivo con derecho de vía propio sin afectar o con la mínima afectación posible a la capacidad vial disponible.

En este contexto el sector Este de la Ciudad de Panamá (desde la Avenida Cincuentenario hasta el distrito de Chepo), que albergaba en el año 2010 cerca de 500 mil habitantes presenta en la actualidad condiciones de movilidad muy precarias, sobre todo en los períodos pico, con largos recorridos sobre una red vial con capacidad y conectividad deficitarias.

Actualmente el tiempo de viaje en transporte público promedio desde estos sectores al centro de la ciudad en el período pico está cercano a los 90 minutos, pudiendo alcanzar más de dos horas.

Según los estudios realizados por el Metro de Panamá, al año 2035 la población de este sector superará los 750 mil habitantes, con una generación diaria de viajes en transporte público entre la periferia y el centro en más de 400 mil desplazamientos, las cuales se realizarían en condiciones de movilidad insatisfactorias, aun considerando mejoras viales, como la extensión del Corredor Norte hasta Tocumen y una operación de MetroBus con carriles preferenciales sobre la Av. Domingo Díaz.

Por lo tanto, el planteamiento de servir el sector Este de la ciudad con una línea de Metro desde San Miguelito hasta Felipillo, por el eje Domingo Díaz – Panamericana, surge como la mejor opción para disminuir en forma significativa los tiempos de viaje de los desplazamientos de mayor magnitud y recorrido, garantizando así una mejor calidad de vida para la población residente en el área.

## **2.10 Diseño**

En su primera etapa, la Línea 2 tendrá una longitud de 21 kilómetros de vía elevada y contará con 16 estaciones, ubicadas en los puntos de mayor concentración de usuarios como San Miguelito, Paraíso, cruce con la Vía Cincuentenario, las urbanizaciones Villa Lucre, Brisas del Golf, los centros comerciales Los Pueblos y Metromall; Urbanización San Antonio, El Parador en el corregimiento de Pedregal, Urbanización Don Bosco, la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Las Mañanitas, el Hospital del Este, Altos de Tocumen, el centro comercial La Doña y la comunidad de Nuevo Tocumen.

En todas las estaciones habrá espacios para paradas de buses y taxis. En aquellas en las que se estima un volumen importante de trasbordos con el transporte público de autobuses está previsto establecer intercambiadores de mayor tamaño (Cincuentenario, Cerro Viento; Pedregal/Las Acacias, Corredor Sur, 24 de diciembre y Nuevo Tocumen).

Por otro lado, en las Estaciones Brisas del Golf y Don Bosco que están cercanas a sectores donde la propiedad vehicular es elevada se prevé el desarrollo de estacionamientos para vehículos particulares, como mecanismo de disuasión al uso del vehículo particular.

## **2.11 Capacidad**

La Línea 2 del Metro tendrá una capacidad inicial para transportar 16 mil pasajeros por hora sentido y está diseñada para una capacidad al año horizonte de más de 40 mil pasajeros hora sentido.

Para atender la demanda inicial de hora pico se plantea un intervalo entre trenes de tres minutos, para lo cual se requieren 21 trenes de 5 vagones.

## Capítulo 3. Ejecución del Proyecto

### 3.1 Obras Civiles

Los servicios de ingeniería de diseño, construcción de las obras civiles, instalaciones auxiliares de línea y estaciones, suministro e instalación del sistema integral ferroviario que incluye el material rodante y puesta en marcha de la Línea 2 del Metro de Panamá, fueron sujetos a licitación y algunos más a adjudicación directa. Los cuales debían contener información técnica suficiente y requerida por terceros para formar parte de los pliegos solicitantes.

El diseño definitivo de la línea 2 del Metro de Panamá, debe estar enfocado a operar la línea racionalmente y de acuerdo con los criterios que se señalan en los distintos documentos y que se están explicando en esta investigación.

En definitiva, aunque sea obvio decirlo, esta línea se construye para ser operada de la forma más efectiva, racional y segura que las tecnologías actuales nos permiten.

La línea 2 del Metro de Panamá prestará el servicio en una primera fase 1 desde San Miguelito hasta Nuevo Tocumen. Esta fase tiene una longitud de 20,972 m. A esto hay que añadir el ramal de acceso a patios y talleres.

Se construye en doble vía elevada, con un esquema de vías que permitirá una gran flexibilidad en la forma de operar, tanto en normal como en degradado.

### **3.2 Material rodante: Compatibilidad**

Se exige compatibilidad no operacional entre las dos líneas (gálibos y rodadura compatibles).

Los trenes podrán circular indistintamente por las dos líneas (en horarios nocturnos, manual sin protección).

El adjudicatario deberá suministrar equipos embarcados para 3 trenes de L-1, si se le pide en su momento.

### **3.3 Vías: Esquema y características relevantes**

El esquema de vías permite una gran diversidad de tipos de Operación, tanto en nominal como en degradado.

Vías de apartado y ramal de conexión con Línea 1 en San Miguelito.

Vía de apartado en Villa Lucre.

Tres vías en UTP, para apartado y retorno.

Vía de conexión a talleres preparada para pruebas.

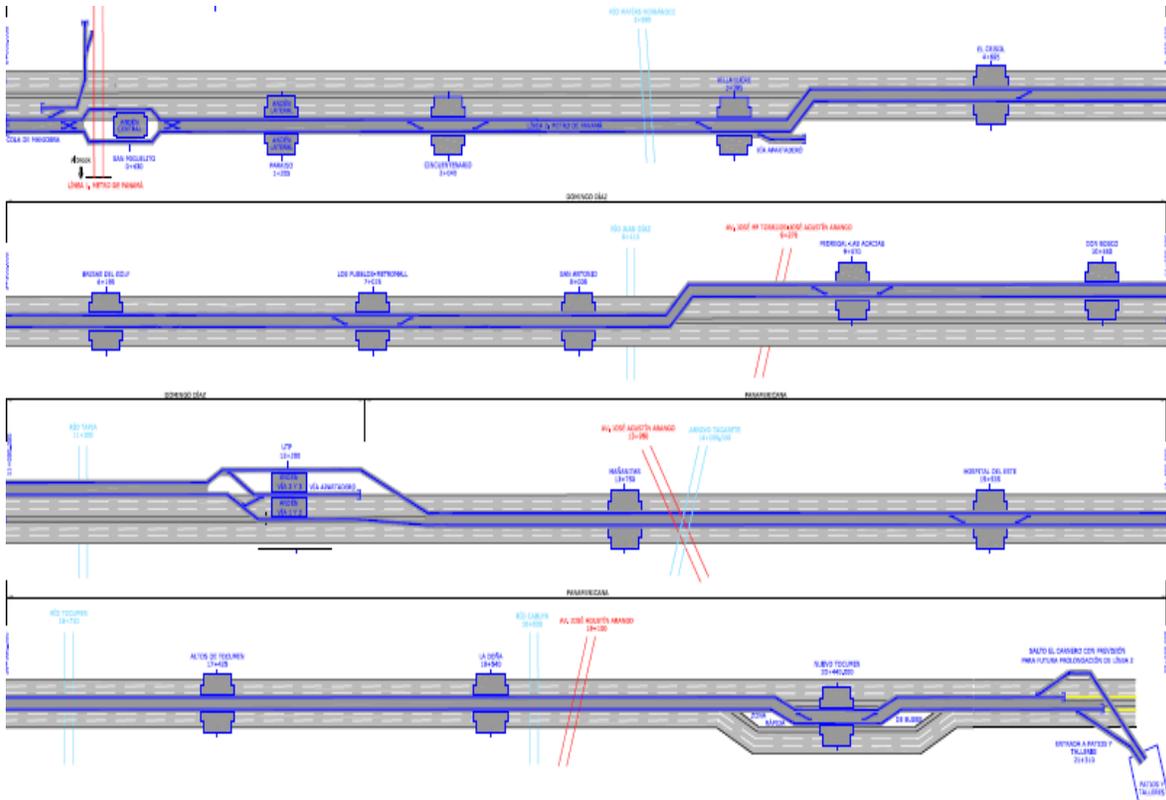


Ilustración 23. Planta de ramales

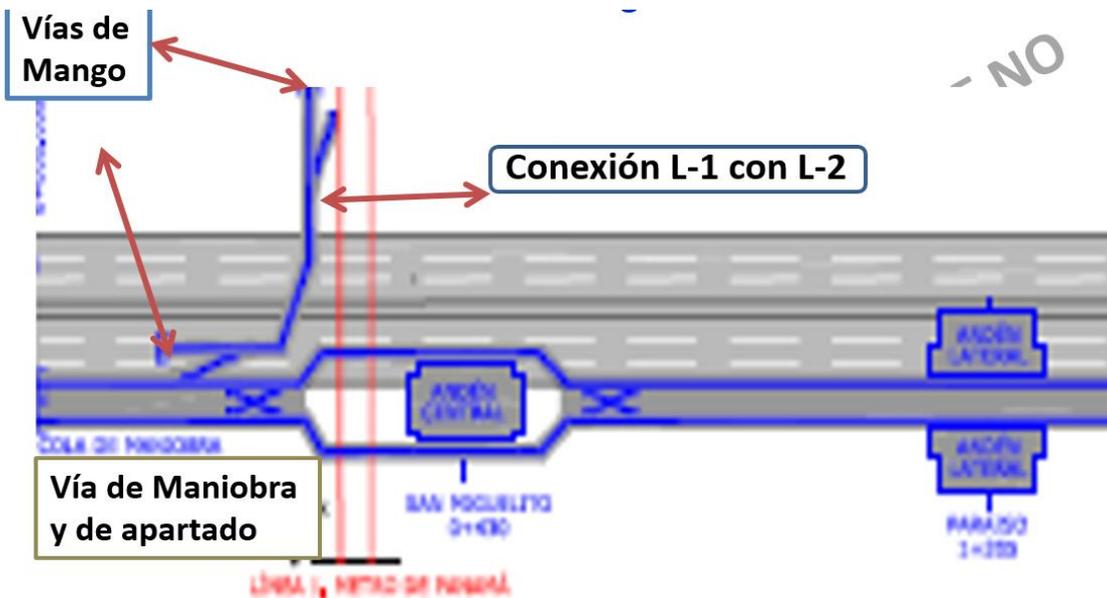


Ilustración 24. Detalle vías San Miguelito

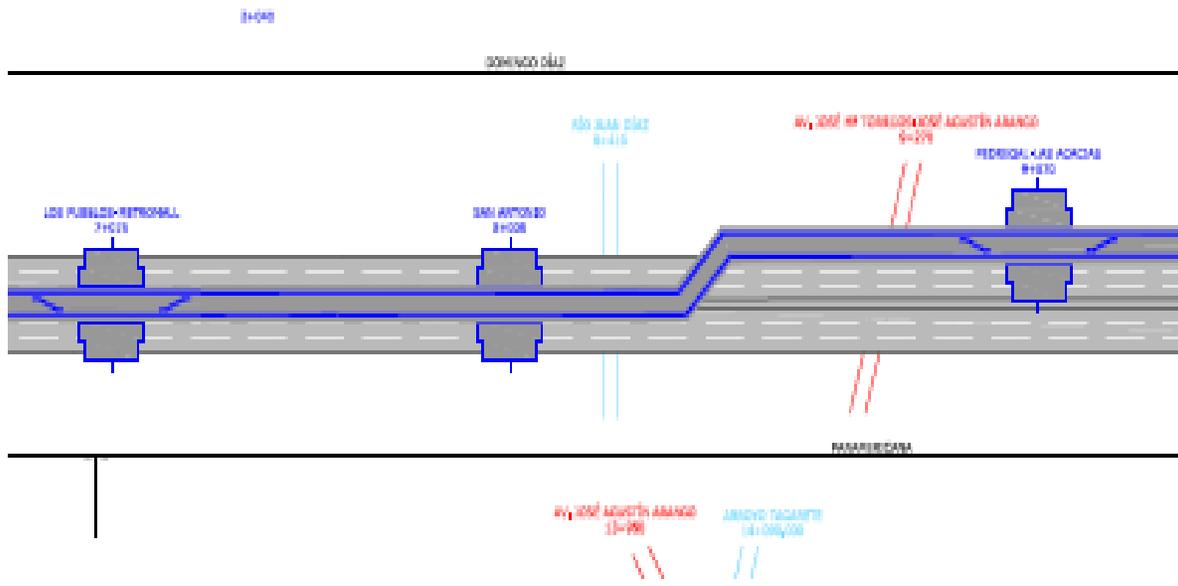


Ilustración 25. Operaciones en degradado

### 3.4 Estaciones de pasajeros

16 estaciones elevadas, en su primera fase.

Los espacios serán diseñados para evitar esquinas escondidas y tener condiciones de iluminación apropiadas.

Se buscará la racionalidad y funcionalidad de los movimientos en las estaciones.

Los pisos, escaleras y rampas deben ser antideslizantes.

Las escaleras eléctricas y ascensores permitirán la movilización rápida y cómoda de los usuarios, serán teledandadas.

La apertura y cierre de las estaciones serán teledandadas.

Las estaciones que compartan paso de no usuarios, en la noche, se deberán independizar de los citados pasos.

Accesibilidad absoluta para Minusválidos en todos los aspectos (Al igual que en L-1).

San Miguelito L2 será compartida con la L1, con conexión fácil y cómoda entre ambas estaciones (porcentaje de transbordos muy elevado).

La longitud del andén será como mínimo de 91 m. Pero deberá ser la correspondiente a la longitud del tren ofertado de 5 coches, más 5 metros.

La anchura de andenes se adaptará a la demanda esperada y a la evacuación, con un mínimo libre de cualquier obstáculo de 3.60 m.

Para las estaciones terminales, el ancho mínimo deberá ser de 5 m.

Para las estaciones con andenes centrales el ancho de borde a borde de andén será un mínimo de 11.20 m.

A final de andén escaleras de 0.80 m de ancho (no marineras o de gato) para el acceso al nivel de vía.

Deberán preverse con pendiente transversal para evacuación por gravedad de las aguas.

Se optimizarán las superficies de las áreas operacionales y técnicas, entregándose totalmente equipados.

Además de los cuartos técnicos habituales se construirán:

Vestuarios y baños para el personal de operaciones.

Cuarto de primeros auxilios.

Cuarto del operador de estación y de atención al usuario (junto a línea de peaje).

Cuarto de descanso y alimentación, equipados.

Almacén de materiales de limpieza de la estación.

Cuarto de mantenimiento.

Cuarto técnico auxiliar, preferiblemente anexo al cuarto operador

Otros espacios, en algunas estaciones, (por ejemplo, policía en estaciones terminales, oficinas de atención al público, etc...)

Estaciones sin venta manual de boletería.

Sistema de pasaje, igualmente, compatible con Metrobús

Se tendrán máquinas expendedoras de boletos automáticas que se instalarán en el área “no paga” de cada estación.

El número de máquinas por estación se dimensionará de acuerdo con la demanda y la recarga habitual en Panamá (1.5 – 2\$).

El sistema de validación es un sistema cerrado.

Se dejará previsto una conexión en zona paga para instalar una máquina de recarga.

El N° de controles de acceso se determinarán de acuerdo con la demanda.

Los controles de acceso, tipo flap o torniquete, serán reversibles automáticamente, permitiendo también el fijarlos de forma manual.

### **3.5 Centro de control de operaciones (CCO)**

Se amplía el CCO para optimizar la explotación con un ligero aumento del personal (el actual está preparado admite perfectamente la ampliación).

Desde el CCO control de todas las instalaciones, incluyendo puertas de acceso.

La megafonía de las estaciones permitirá, aparte de lo habitual, la emisión de música ambiental centralizada desde el CCO.

### **3.6 Patios y talleres**

Al final de la Línea se ubican los patios y talleres de la línea.

El diseño se hará para el funcionamiento completo de Fase 1 y Fase 2, TML, TMP y espacio para albergar 55 trenes

En esta primera fase solo se construirá el TML y vías para 21 trenes de cinco coches.

Los Patios tendrán CBTC

Las vías de acceso a PYT estarán preparadas para realizar pruebas.

### **3.7 Catenaria**

Se permite ofertar catenaria convencional o rígida.

La Catenaria Rígida tiene fama de resultar más costosa que la catenaria convencional, ya que los soportes que requiere presentan un espaciamiento más corto. Sin embargo, la Catenaria Rígida presenta ventajas importantes para su uso en vías al aire libre, ya que implica unas menores necesidades de mantenimiento y brinda ventajas para la seguridad del equipo de instalación. La catenaria convencional requiere tensar el hilo de contacto para que quede rectilíneo, algo que no se requiere en la catenaria rígida. Al no existir tensión en el conductor de contacto de la Catenaria Rígida, el conductor está menos sujeto a desgaste. También supone un menor riesgo de rotura aleatoria del

conductor y de que se produzcan paradas continuas para realizar tareas de mantenimiento.

Además, la Catenaria Rígida reduce el riesgo de que el sistema eléctrico se apague, al brindar una mayor fiabilidad, a lo que se añade una vida útil prevista prolongada debido a la falta de desgaste del conductor. Como consecuencia de ello, son muchas las redes de transporte urbano que están especificando el uso de Catenaria Rígida para vías exteriores al aire libre.

La ventaja definitiva de la Catenaria Rígida de Pandrol consiste en maximizar el tiempo de disponibilidad y prolongar el valor vitalicio del sistema de electrificación. Con sus más de 15 años de experiencia dentro del equipo de Pandrol en la entrega de sistemas de Catenaria Rígida de altas prestaciones, fiables y eficientes con que cuenta el equipo de Pandrol, esto representa una solución a largo plazo a la electrificación de numerosas redes de metros a escala global.

### **3.8 Señalización**

Se mantiene el tipo de señalización y comunicaciones (CBTC y TETRA o eLTE).

La señalización garantizará un intervalo de trenes de hasta 90 segundos. Se adapta a las evoluciones tecnológicas que existan y estén disponibles.

### **3.9 Control del Trazo de Obra Complementaria**

Con respecto a la Topografía de control, se trabajó con puntos específicos de control, los cuales se encontraban ligados a todo el sistema de referencia de la construcción de la línea existente, estos puntos eran siempre monitoreados por las brigadas de supervisión externa y por las brigadas de supervisión de la empresa.

De este modo, todos los avances que a diario se tenían, se actualizaban con los planos originales del proyecto complementario, esto para identificar errores o cambios imprevistos en el mismo y así facilitar el avance y entrega de la información.

Aun así, la brigada de Topografía tiene la responsabilidad de verificar las coordenadas en punto de control e informar de cualquier anomalía a los mandos superiores inmediatos.

Día a día los levantamientos topográficos eran verificados para obtener con exactitud las posiciones para replantear complementos de las obras civiles. Para este trabajo se describirán las obras de estructura de cubiertas con forma curva.

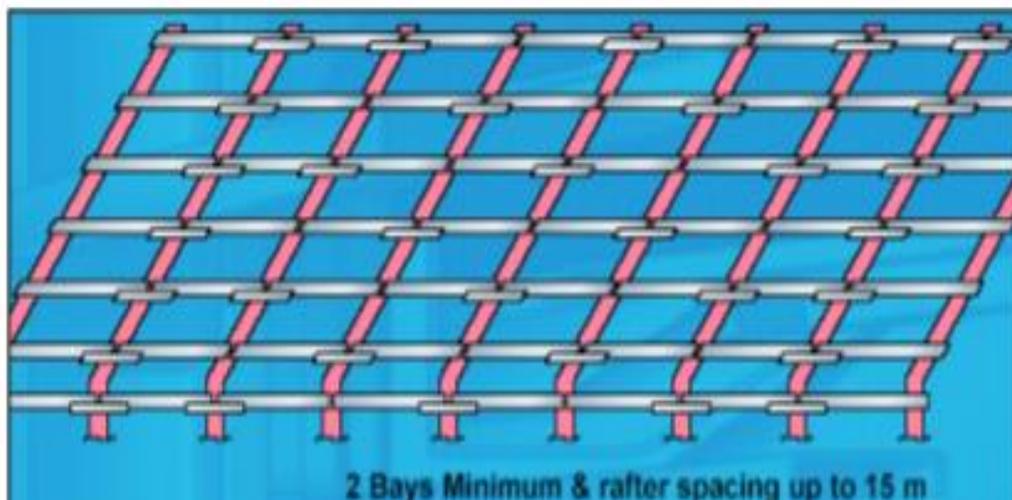
Los elementos que conforman el sistema estructural son las siguientes:

### 3.10 Correas

Son los perfiles que forman el entramado sobre el que se fija la cubierta. Su sección puede ser del tipo Z o C y están fabricados con chapa galvanizada conformada en frío. Su fijación al resto de la estructura se realiza mediante tornillos calibrados.

Para cubiertas de grandes longitudes donde la utilización de correas continuas, es más económico, se puede adoptar un sistema de unión de estas correas como lo describe el dibujo adjunto.

Como se ve en la ilustración siguiente, la continuidad se garantiza mediante platabandas atornilladas al alma de las correas.



*Ilustración 26. Bahía de espacio mínimo*

### **3.11 Vigas portantes**

Son vigas en celosía o en vigas llenas, cuya misión es la de transmitir a los elementos de apoyo todas las cargas procedentes de la cubierta. Se distribuyen por la cubierta tantas veces como módulos conformen la estructura. Sobre su parte superior se distribuyen las cartelas en las que se materializa el apoyo de las vigas banco. Esta fijación se lleva a cabo con tornillos alta resistencia.

### **3.12 Pilares estructurales**

Son los responsables de soportar y transmitir hasta la cimentación las acciones provenientes de la cubierta y es por esto por lo que su distribución coincide, generalmente, con los extremos de las vigas portantes.

En su dimensionamiento se tiene también en cuenta la actuación de otras posibles sobrecargas, como las originales por puentes grúa, entreplantas... o como las debidas a la acción del viento, cuando forman parte de las fachadas del edificio.



*Ilustración 27. Pilar estructural con doble función*

Si los esfuerzos son pequeños los pilares se diseñan y fabrican con perfiles de alma llena como IPE, HEB, y si los esfuerzos son mayores se usan perfiles UPN unidos mediante presillas o celosías.

### **3.13 Pilares de cierre**

Su función es la de soportar y transmitir a la cimentación las acciones originadas por la actuación del viento. Su distribución se realiza a lo largo de las fachadas frontales y laterales; en este último caso, intercalándose entre los pilares estructurales.

Al igual que sucede con los pilares estructurales, en su dimensionamiento se tienen también en cuenta la posible existencia de otras sobrecargas y generalmente se diseñan y fabrican con perfiles UPN empresillados.

### **3.14 Anclajes**

Sobre ellos se materializa la unión entre los pilares y la cimentación y su dimensionamiento depende tanto de las acciones que los pilares transmiten a la cimentación como de la geometría de estos. Cada conjunto está formado por una zona roscada para facilitar la nivelación y aplome de los pilares. Por lo general, las placas de anclaje se colocan 200 mm por debajo del nivel de la solera, con el único fin de que queden ocultos.



*Ilustración 28. Esquema de posición de anclaje*

### **3.15 Arriostramiento**

Se denomina así al conjunto de elementos estructurales que se distribuyen por los planos de cubierta y fachada con el fin de transmitir hasta la cimentación la componente horizontal de las cargas que actúan sobre el edificio. También forman parte de este conjunto los perfiles de atado que se distribuyen en cabeza de pilares para solidarizar la estructura de sustentación.

Es importante tener en cuenta su situación (generalmente en el primer y último vano) a la hora de proyectar las fachadas pues pueden interferir con puertas y/o ventanas.

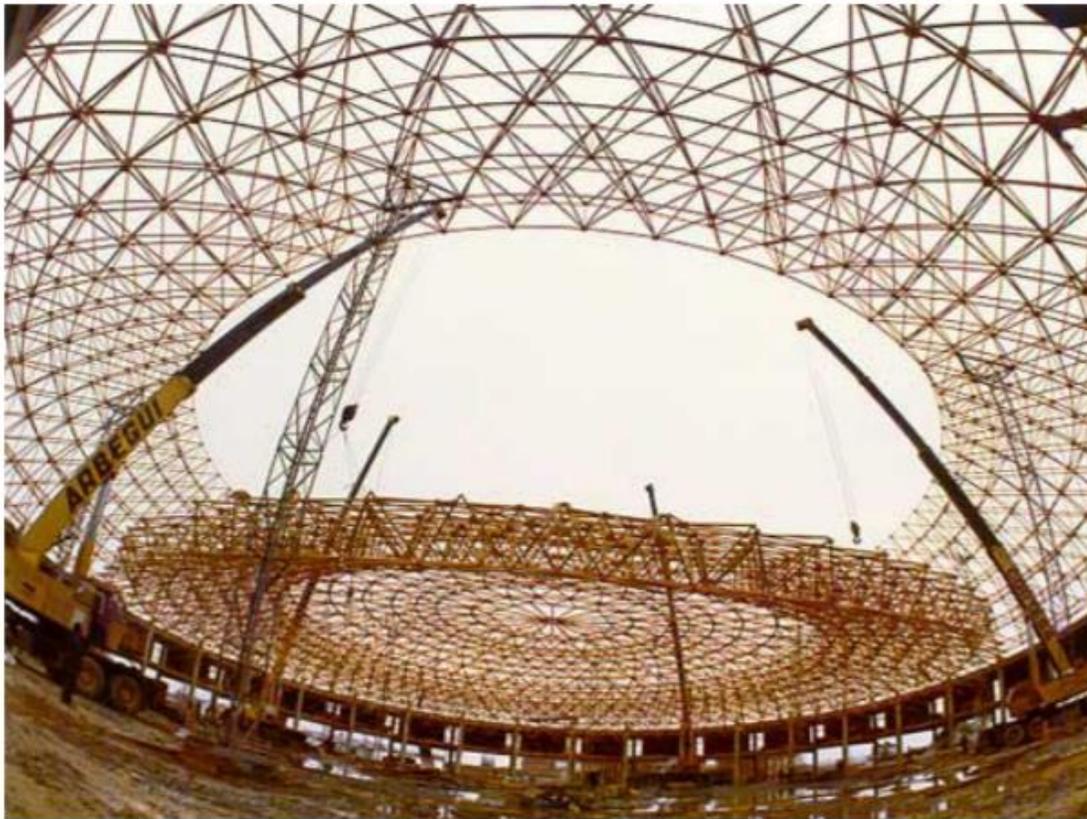
### **3.16 Cubierta**

Puede realizarse con multitud de materiales como fibrocemento, chapa de acero precalado o galvanizado, panel sándwich prefabricado o "in situ"... que se fijan al entramado de las correas con tornillos galvanizados. Los distintos cambios en los planos de la estructura se resuelven mediante el curvado de las chapas o mediante caballetes especiales, según sea el material elegido.

### 3.17 Lucernario

Los lucernarios se distribuyen sobre los planos más inclinados de la cubierta buscando la iluminación cenital, es decir, buscando el óptimo aprovechamiento de la luz natural, pero evitando la entrada directa de los rayos solares. De este modo se consigue una iluminación agradable, a la vez que se amortigua el aumento de la temperatura interior.

Un ejemplo práctico de esto es el diseño en dientes de sierra donde los lucernarios se colocan en los paramentos verticales.



*Ilustración 29. Pabellón estructural*

### **3.18 Canales**

En ellos se recogen las aguas provenientes de la cubierta y se distribuyen hasta las bajantes. Se distribuyen a lo largo de las limahoyas de la cubierta con una pendiente del 5 ‰ y se dimensionan con una capacidad de evacuación que supera ampliamente las condiciones meteorológicas más desfavorables. Se fabrican generalmente con chapa galvanizada de 1 mm de espesor, aunque existe la posibilidad de emplear otros materiales para el caso de ambientes altamente corrosivos.

Conviene destacar que la unión entre las distintas piezas se realiza generalmente mediante soldadura. Este sistema es el único que garantiza la estanqueidad de los canales a largo plazo, puesto que la práctica habitual de remachado y sellado, ofrece problemas a corto y medio plazo.

### **3.19 Nudos**

Son elementos de acero de forma esférica, en los que, mediante un mecanizado, se han realizado unos taladros roscados con asientos para las barras y para recibir los tornillos de unión de nudo a barra.

Diámetro (mm)	Nominal (mm)	P (Kg)	Tensión máx (Kg)
54	50	0,54	4.000
77	70	1,8	7.520
108	100	4,35	16.000
153	125	9,64	23.100
165	154	18,1	37.200
190	175	26,575	50.200
217	200	39,2	72.400

Tabla 3. Nudos empleados PALC3

### 3.20 Barras

Son elementos formados por tubos de acero A 42.b conformados en frío, en cuyos extremos se han incorporado unos elementos, puntas, con taladro pasante y que sirve de unión mediante el tornillo al nudo.

Diámetro (mm)	e (mm)	P (Kg/m)	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	i (cm)
40	2	1,874	2,388	4,322	1,345
50	2	2,367	3,016	8,701	1,698
60	2	2,861	3,644	15,342	2,052
70	2,5	4,162	5,301	30,235	2,388
76	3	5,401	6,88	45,907	2,583
85	4	7,99	10,179	83,682	2,867
108	4	10,259	13,069	176,955	3,68
125	6	17,608	22,431	398,066	4,213
168	7	28,264	36,005	1171,623	5,704
219	9	46,61	59,376	3279,119	7,431

Tabla 4. Barras y tubos PALC3

### **3.21 Correas**

Las correas metálicas son el elemento constructivo sobre el que se apoya la chapa o panel que actuará como cubierta para un edificio, nave o cualquier otra edificación.

Las correas existentes tienen varias configuraciones, por ejemplo, C, Z y M y según sea la pendiente de la cubierta serán más aconsejables unas u otras (a partir de un 20% correas Z, por debajo C ó M). Estos perfiles, el C, Z y M, ofrecen el óptimo rendimiento con el mínimo peso propio.

Se pueden suministrar perforadas a medida, y listas para su instalación. Deberán tener protección anticorrosiva.

### **3.22 Aislamiento térmico**

Se consigue mediante textiles sintéticos como por ejemplo una manta de fibra de vidrio de unos 80 mm de espesor, que se coloca bajo el material de cubierta y que se distribuye sobre una red de soporte extendida sobre las correas. De este modo, además del aislamiento térmico propiamente dicho, se consigue evitar la aparición de condensaciones en el interior del edificio. Si se considera necesario puede colocarse también una segunda manta aislante sobre el falso techo. Además de la fibra de vidrio existen otros tipos de aislamientos, como la lana de roca, poliuretano, etc.

### 3.23 Falso Techo

Es un paramento formado por placas. Estas placas pueden ser de diversos materiales como aluminio o fibrocemento, siempre que cumplan los requerimientos estéticos y de seguridad. Su fijación se realiza anclándolas en un entramado de listones de madera suspendido de la estructura de cubierta.

Entre las innumerables ventajas que tiene el falso techo, se puede destacar las siguientes:

- Crea una cámara de aire de gran volumen que contribuye a mejorar la acción termorreguladora del aislamiento, a la vez que disminuye la cantidad de aire "superfluo" a calentar.
- El perfil ondulado de las placas usadas y su estudiada colocación hace que la luz de los lucenarios se distribuya uniformemente por toda la superficie del edificio, eliminándose así las molestias que ocasionan los claroscuros.
- Permite esconder totalmente instalaciones como las de electricidad, aire acondicionado, etc., por lo que el acabado interior resulta muy agradable. Además, al esconder también la estructura de cubierta, contribuye a mantener la limpieza en el interior, aspecto muy importante en el sector de la alimentación.
- Al estar suspendido de elementos de cuelgue puntuales y de escasa rigidez, absorbe las deformaciones de la estructura de cubierta. Con ello conseguimos garantizar que la calidad de su acabado inicial se mantenga a lo largo del tiempo.

GROSOR (mm)	PESO Kg/m <sup>2</sup>	Hueco MÁXIMO ABSOLUTO(m)	Hueco MÁXIMO CONDICIONADO (m)	FLECHA (m)	RADIO CURVA (m)	MOMENTO INERCIA (mm <sup>2</sup> /m) 10 <sup>4</sup>	MOD FLEXION (mm <sup>2</sup> /m) 10 <sup>3</sup>	MOM RESISTENTE (N-m/m)
1.25	14.00	22	24	1.50	48.75	1220	100	23400
1.50	16.70	27	30	2.30	40.80	1460	119	28000

*Tabla 5. Características Técnicas y mecánicas del sistema*

### **3.24 Grados de acabado y Control**

Para cada elemento integrante de la estructura debe existir una gama de controles. Estos controles tanto dimensionales como resistentes garantizan un alto grado de calidad, así como una gran homogeneidad en los productos.

Los procedimientos de fabricación permiten obtener unas tolerancias de  $\pm 0,1$  mm por metro lineal en barras,  $\pm 0,1$  mm. Entre caras de nudos y  $\pm 5'$  en la posición de ángulos. Las barras, cuyas puntas para la unión a los nudos van soldadas con CO<sub>2</sub> en atmósfera controlada, serán sometidas a un control estadístico destructivo. Todos los elementos auxiliares, tornillos de alta resistencia, arandelas, tuercas, puntas, etc., se someterán a un riguroso control, tanto resistente (dureza, fisuras, grietas, protección, etc...), como dimensional. Los resultados son rigurosamente contrastados, analizándose de forma continuada todas las incidencias de los ensayos.

### **3.25 Montaje**

Siendo esta estructura totalmente prefabricada, las únicas operaciones a realizar en obra son: atornillado de barras a nudos y fijación de la estructura sobre los pilares.

Los tornillos empleados, todos de alta resistencia, reciben un acercamiento previo y un posterior apriete con llave dinamométrica graduada a las características del diámetro, paso y calidad de los tornillos correspondientes.

El sistema de montaje más conveniente es el de ensamblaje de la estructura en el suelo y rápidas elevaciones mediante grúas. Estas elevaciones deben calcularse con esmero, para que los esfuerzos que puedan aparecer por las fuerzas dinámicas o por los enganches en la estructura fija, no provoquen roturas en la propia estructura.



*Ilustración 30. Revisión de Montaje*

Para el procedimiento Topográfico de apoyo fue necesario trazar poligonales de apoyo abiertas o cerradas, con ubicación de vértices fijos como clavos, varillas, o marcados con pintura según lo permitió el diseño del trazo y el avance de obras.

El trazo de las poligonales de apoyo está referido en base a los puntos planimétricos ubicados en la zona de trabajo. A partir de esta información, mediante un cálculo en un software, se realizó la transformación a coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator). Las memorias de cálculo y planos topográficos están referidos a estas coordenadas X, Y, locales con el aparato de Estación total.

El modelo utilizado fue CX105 en marca sokkia, con las siguientes características:

#### TELESCOPIO

Aumento / Potencia de resolución	30x / 2,5"
	Longitud 171 mm (6,7 pulg.)
	Apertura del objetivo 45 mm (1,8 pulg.) (48 mm (1,9 pulg.) para EDM)
Otros	Imagen Erguida
	Campo de visión 1° 30' (26 m/1000 m)
	Enfoque mínimo 1,3 m (4,3 pies)
	Iluminación de retícula 5 niveles de brillo

#### MEDICIÓN DE ÁNGULOS

Resolución de pantalla	1" / 5" (0,0002 / 0,001gon, 0,005 / 0,02mil)
Precisión (ISO 17123-3:2001)	5"
Compensador de doble eje / Compensación de colimación	Sensor de inclinación de líquido de doble eje, intervalo de funcionamiento: $\pm 6'$ ( $\pm 111$ mgon) / compensación de colimación disponible

#### MEDICIÓN DE DISTANCIA

Salida de láser <sup>1</sup>	Modo sin prisma: Clase 3R / Prisma / Modeo de hoja: Clase 1
	Sin prisma <sup>3</sup> De 0,3 a 500m (de 1,0 a 1640 pies) RS90N-K: de 1,3 a 500m (de 4,3 a 1640 pies) RS50N-K: de 1,3 a 300m (de 4,3 a 980 pies)
	Hoja Reflectante RS10N-K: de 1,3 a 100m (de 4,3 a 320 pies)
Intervalo de medición (en condiciones estándar <sup>2</sup> )	RS10N-K: de 1,3 a 100m (de 4,3 a 320 pies) CP01: de 1,3 a 2500m (8200 pies) OR1PA: de 1,3 a 500m (1640 pies) / de 1,3 a 4000m (de 4,3 a 13.120 pies) / En buenas condiciones <sup>6</sup> : 5000m (16.400 pies)
	Un prisma AP Hasta 5000m (16.400 pies) / En buenas condiciones <sup>6</sup> : hasta 6000m (19.680 pies)
	Tres prismas AP
Resolución de pantalla	Fina/rápida: 0,001m / 0,01 pies / $\frac{1}{8}$ in. Seguimiento: 0,01m / 0,1 pies / $\frac{1}{2}$ in.
Precisión <sup>2</sup> (ISO 17123-4:2001) (D=distancia de medición en mm)	Sin prisma <sup>3</sup> 3 + 2ppm x D) mm <sup>7</sup> Hoja reflectante <sup>4</sup> (3 + 2ppm x D) mm Prisma AP/CP (2 + 2ppm x D) mm

Tiempo de medición <sup>8</sup>	Fina	0,9 segundos (1,7 segundos la inicial)
	Rápida	0,7 segundos (1,4 segundos la inicial)
	Seguimiento	0,3 segundos (1,4 segundos el inicial)

#### ADMINISTRACIÓN DE DATOS E INTERFAZ

Pantalla / Teclado	LCD gráfico, 192 × 80 puntos, retroiluminación, ajuste de contraste / Teclado alfanumérico / 25 teclas con retroiluminación	
Ubicación del panel de control <sup>9</sup>	En ambas caras	
Ubicación del panel de control <sup>9</sup>	En ambas caras	
Tecla disparadora	En el soporte correspondiente del instrumento	
Almacenamiento de datos	Memoria interna	Aprox. 10000 puntos
	Dispositivo de memoria complementario	Memoria flash USB (max. 8GB)
Interfaz	11RS-232C de serie, USB2.0 (Tipo A, para memoria flash USB)	
Módem Bluetooth (opcional) <sup>10</sup>	Bluetooth Clase 1, Ver.2.1+EDR; Intervalo operativo: hasta 300m (980 pies)	

#### GENERAL

Puntero láser <sup>12</sup>	Láser rojo coaxial usando haz EDM	
Luz de guía <sup>12</sup>	LED verde (524 nm) y LED rojo (626 nm), intervalo de funcionamiento: de 1,3 a 150 m (de 4,3 a 490 pies) <sup>12</sup>	
Niveles	Gráfico	6° (Círculo interior)
	Nivel circular	10° / 2mm
	Diodo	Láser rojo (635nm±10nm)
Plomada láser	Precisión del haz	≤1,0mm@1,3m
	Láser	Clase 2
	Ampliación	El enfoque de 3x
Plomada óptica (opcional)	Mínimo	0,3m (11,8 pulg.) desde la base nivelante
Protección contra agua y polvo	IP66 (IEC 60529:2001)	
Temperatura de funcionamiento <sup>13</sup>	De -20 a +50°C (de -4 a +122°F)	
Tamaño con asa <sup>9</sup>	Panel de control en ambas caras	191 mm × 181 mm × 348 mm (a × l × a) (7,5 in × 7,1 in × 13,7 in) (a × l × a)
	Panel de control en una cara	191 mm × 174 mm × 348 mm (a × l × a) (7,5 in × 6,9 in × 13,7 in) (a × l × a)
Peso con asa y batería	Aprox. 5,6kg (12,3 libras)	

#### FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Batería	Batería extraíble BDC70	Batería recargable de iones de litio
Tiempo de funcionamiento (20 °C)	BDC70	Aprox. 36 horas (una medición de distancia cada 30 segundos)
	Batería externa (opcional) <sup>14</sup>	BDC60: aprox. 44 horas
		BDC61: aprox. 89 horas (una medición de distancia cada 30 segundos)

Se puede llegar hasta 5000 m<sup>2</sup> de una sola vez, por lo que se consigue un gran rendimiento, rapidez y seguridad.

De todas formas, las dimensiones de los tramos a elevar están en función de las grúas disponibles en cuanto a potencia y la accesibilidad de la obra.

Las condiciones óptimas para el montaje con este sistema son:

- Suelo en condiciones para ensamblar la estructura sobre él.
- Acceso de grúas en solera y laterales de la obra.
- Pilares libres de correas laterales y arrostramientos para poder montar la estructura entre ellos.
- Control milimétrico de colocación de elementos auxiliares.



*Ilustración 31. Grúa principal y grúa de apoyo para maniobras*

Si estas condiciones no se cumplen, hay que emplear otros sistemas de montaje, que no permiten obtener tan óptimos resultados en rapidez y rendimiento como el sistema descrito.

Los conectores para solape de correas tienen como misión la unión de dos correas tipo Z, C y M.

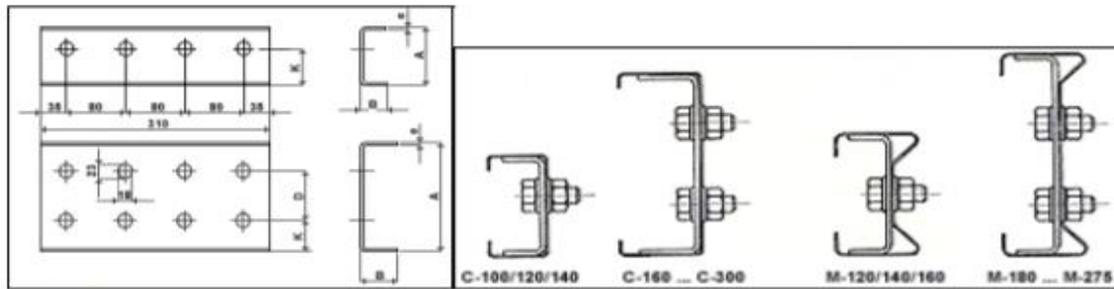
Las siguientes tablas muestran las características mecánicas de las correas Z y de las correas C y M.

Ref.	CORREAS	H	C	B	d	c	K	D
R-7618/e	Z-100	100	50	44	18	18	67	-
R-7619/e	Z-120	120	50	44	18	18	67	-
R-7620/e	Z-140	140	76	66	15	21	67	-
R-7621/e	Z-150	150	76	66	15	21	67	-
R-7622/e	Z-160	160	76	66	15	21	46,5	80
R-7623/e	Z-180	180	76	66	15	21	46,5	80
R-7624/e	Z-200	200	76	66	15	21	46,5	80
R-7625/e	Z-225	225	76	66	15	21	45	120
R-7626/e	Z-250	250	76	66	15	21	45	120
R-7627/e	Z-300	300	76	66	15	21	45	120

*Tabla 6. Conectores de acero en correas*



*Ilustración 32. Conectores colocados*



*Ilustración 33. Conectores 100 y 120 PALC3*

En ciertas ocasiones, el largo de los elementos es generoso y, a simple vista, hacen pensar que se pueden apoyar directamente a las paredes laterales. Sin embargo, este concepto es equivocado, ya que será necesario disponer unos travesaños de metal que sirvan de soporte y aseguren la estabilidad del conjunto. La inclinación de la cubierta se relaciona con las lluvias y los vientos predominantes.

Como regla general, sucede que, a mayor pendiente del techo, más estrechas serán las planchas para que ofrezcan una óptima resistencia. Otro detalle que se debe considerar es la unión entre chapas para obtener una correcta estanqueidad. Para ello, se tendrán que superponer varias ondulaciones para que el solapamiento sea eficaz.

La cabeza de los pernos y las arandelas próximas a la chapa se protegen con unos capuchones que evitan la oxidación y el paso del agua al interior y, como ya se mencionó, pueden renovarse en caso que se deterioren.

El coeficiente de dilatación permite una adaptación idónea a cualquier clase de clima, incluso a los más rigurosos y a aquellos con cambios térmicos violentos. Esto les convierte en los materiales idóneos tanto para las regiones montañosas como las costeras.

Los productos conformados en frío constituyen la mejor solución, por aspectos técnicos y económicos, en el campo de las estructuras metálicas.



*Ilustraciones 34a – 34b. Barrenación y colocación de correa maestra*

En función de esta clasificación, las sobrecargas a considerar son:

- Peso propio.
- Aislante.
- Estanquidad.
- Posible protección pesada.
- Sobrecarga:

Se toma el más alto de los valores siguientes:

- Sobrecarga de nieve según la MV-101

A manera de ejemplo:

Zonas no accesibles: 100 kN/m<sup>2</sup>

Zonas técnicas: 150 kN/m<sup>2</sup>

Con la suma del peso propio más sobrecarga se acude generalmente a las tablas de carga de los diferentes perfiles, determinándose el más adecuado para la distancia entre apoyos existentes.

### **3.26 Cubierta y Temperatura**

La elección y preparación del perfil metálico es esencial para obtener el resultado deseado en una Cubierta Deck y viene condicionada por diferentes criterios, en general, se deberá garantizar las prestaciones estéticas y técnicas adecuadas para soportar las cargas y sobre cargas requeridas. En este sentido, la chapa se dimensionará ateniéndose a la norma, y asegurando una buena base de asentamiento para el aislamiento. La posición del perfil permitirá una mayor superficie de

apoyo y también una estabilidad para evitar el movimiento de la membrana.

Las prestaciones estéticas determinan el aspecto o recubrimiento de la plancha, así como un espesor mínimo que garantice la ausencia de problemas de abolladuras. Resulta interesante recomendar el apoyo de cubiertas Deck sobre perfiles nervados de espesor superior a 0.7 mm, independientemente de sus características estáticas de momento de inercia, módulo resistente, etc.

Estas cubiertas serán fabricadas con materiales tecnológicamente probados para captar y conservar la energía solar diurna, aumentando entre 8° y 10° C la temperatura del agua y del ambiente sin necesidad de climatización.

Los materiales con que están construidas deben permitir crear un microclima templado en invierno y soportar las máximas temperaturas en verano, sin envejecer ni amarillear con el tiempo.

Como material transparente se usa el metacrilato compacto o colado. Este material ofrece una mayor seguridad que los cristales ya que su resistencia es 250 veces superior, lo cual garantiza su dureza, evitando roturas. Todas las piezas y tornería se fabrican en acero inoxidable de calidad marina. El sistema de estanqueidad se basa en el clipaje entre perfiles de gomas y cepillos que mantienen un ambiente distinto al exterior.



*Ilustración 35. Estructura y cubierta*

## Conclusiones

- El Ingeniero Topógrafo y Geodesta tiene un gran campo de trabajo y gran diversidad de actividades, no necesariamente se debe estar en la Topografía directa, se puede complementar con otras ramas afines para fortalecer el conocimiento profesional y de la vida.
- Con gran satisfacción se puede mencionar que los Ingenieros Topógrafos son tan importantes como cualquier otro ingeniero, y esto sucede dentro y fuera del país.
- Para poder realizar el presente trabajo fue necesario apoyarse en múltiples disciplinas que aportan conocimientos y técnicas a la Topografía clásica, y es necesario mezclarla con la Topografía de las nuevas tecnologías, además especializarse para las tecnologías futuras que vendrán y estar preparado para ello.
- El Ingeniero Topógrafo y Geodesta debe desarrollar destrezas, para involucrarse de manera correcta en el campo de la ingeniería civil, ejecutando conocimientos de manera técnica y productiva.
- El Ingeniero Topógrafo y Geodesta es el profesionalista apto para desarrollar trabajos que impliquen precisión, ya que su educación esta cimentada en los recursos que requieren el desarrollo de habilidades en los sistemas de referencia.

## **Bibliografía:**

- *Miguel Montes de Oca. (1996). Topografía. México: Alfaomega.*
- *Paul R. Wolf - Charles D. Ghilani. (2010). Topografía. México: Alfaomega.*
- *Jacinto Santamaria Peña, Teófilo Sanz Méndez. (2005). Manual de Prácticas de Topografía y cartografía. 15/09/2020, de Universidad de la Rioja*  
*Sitio web:*  
*<https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/online/topografia.pdf>*
- *Ignacio de Corral Manuel de Villena. (2001). Topografía de obras. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.*