



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA**

**“Control Topográfico en la Ampliación de Infraestructura  
para la Planta Cementera en Tula de Allende Hgo.”**

***TESIS***

Que para obtener el grado de:

**Ingeniero Topógrafo y Geodesta**

Presenta:

**Hersson Hernández Flores**

Asesor:

**Mtro. Máximo Ávila Cruz**

Heroica Puebla de Zaragoza

Septiembre 2024

## ÍNDICE

<b>TEMA</b>	<b>3</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>4</b>
<b>HIPÓTESIS DE TRABAJO</b>	<b>5</b>
<b>ESTRATEGIA METODOLÓGICA</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>6</b>
1.1 CONSTRUCCIÓN.....	6
1.2 REMODELACIÓN.....	7
1.3 TOPOGRAFÍA .....	9
1.4 OBJETIVOS DE LA TOPOGRAFÍA .....	11
1.5 EL WORLD GEODETIC SYSTEM 1984 (WGS84).....	14
1.6 TIPOS DE COORDENADAS .....	15
1.7 COORDENADAS PROYECTADAS.....	19
<b>CAPITULO 2</b>	<b>23</b>
2.1 LA CEMENTERA CRUZ AZUL .....	23
2.2 CONTROVERSIAS .....	26
2.3 EL CONCRETO CRUZ AZUL .....	27
2.4 DEFINICIONES TÉCNICAS .....	28
2.5 TIPOS DE CEMENTO.....	28
2.6 PROPIEDADES DEL CEMENTO .....	29
2.7 IMPORTANCIA DEL CEMENTO .....	30
2.8 EL CONCRETO.....	32
2.9 TIPOS DE CONCRETO POR ESPECIALIDAD .....	33
2.10 EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO .....	35
2.11 PLANTA TULA HIDALGO .....	38
<b>CAPITULO 3</b>	<b>39</b>
3.1 AMPLIACIÓN DE OBRA EN PLANTA CEMENTERA .....	39
3.2 TRABAJOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	39
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>61</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>62</b>

## **Tema**

Control Topográfico en la Ampliación de Infraestructura para la Planta Cementera en Tula de Allende, Hgo.

## **Antecedentes**

El desarrollo social y económico de nuestra sociedad, viene acompañado por un crecimiento físico exponencial del mismo que debe ser regulado y guiado. Día a día, el ser humano avanza con el objetivo de crear ciudades de primer mundo que estén a la vanguardia de todos los avances científicos y tecnológicos no solo de nuestro país, si no de los países vecinos, para no quedar estancados. Esto ha traído consigo un desgaste ambiental exorbitante y por eso, además de los cuidados usuales, las construcciones modernas buscan un equilibrio con el medio ambiente mediante la sostenibilidad y la sustentabilidad. Debido a eso, en nuestro país, México podemos decir que ese desarrollo ya se está logrando, basta con observarlo en los grandes inmuebles que albergan personas, maquinas e incluso fauna y flora, estas construcciones monumentales se han dado gracias al trabajo multidisciplinario que interviene, desde el personal que cuida la limpieza, hasta los grandes tomadores de decisiones, y en todo este proceso nos encontramos a la Ingeniería y a los Ingenieros. Específicamente, al hablar de la Ingeniería Topográfica y Geodésica, en el presente trabajo daremos importancia en la explicación técnica que relaciona a esta disciplina con el desempeño en la construcción, haciendo énfasis en la que se tiene para la denominada “meta construcción”, es decir la importancia de construir un inmueble que después servirá como materia prima para otro fin.

## **Justificación**

No se puede hablar de una obra civil, sin que esta lleve inmersa a la Ingeniería Topográfica, para cualquier obra esta última es de suma importancia pues además de ser participe en los trabajos preliminares de la construcción, de esta ingeniería depende su correcto desarrollo. El tema de infraestructura debe tratarse de manera

especial, porque el Ingeniero Topógrafo tiene gran responsabilidad técnica, y es válido, saber y hacer saber que la preparación teórica y práctica se ve reflejada en obras importantes como la mencionada en el título.

### **Planteamiento del problema**

Cuando se realiza una edificación, ya sea ampliación o remodelación de cualquier tipo, se tiene que pensar en el desarrollo de esta y hacer una propuesta tentativa y calendarizada de todo el procedimiento a emplear. Hablando de la construcción de la ampliación en una planta cementera, tenemos que tener bien claro que métodos y técnicas vamos a utilizar, es por eso que nos hacemos la siguiente pregunta: ¿Cómo se realiza el control topográfico en la construcción de ampliación en una planta cementera?

### **Objetivo general**

Demostrar las técnicas y procedimientos topográficos y geodésicos, que son fundamentales e indispensables para la construcción y ampliación de una planta cementera, para este caso en el municipio de Tula de Allende, Hidalgo, México.

### **Objetivos específicos**

Exponer conceptos y técnicas usadas en el quehacer cotidiano de un ingeniero topógrafo y geodesta en su vida profesional, que abarca la aplicación práctica de los mismos en campo y en gabinete. Además de describir la actividad social y económica que se desarrolla en una planta cementera, haciendo especial hincapié en los métodos del trabajo práctico, como lo son el trazo, desplante y control de la obra para la edificación, así como la responsabilidad e influencia que recae en el Ingeniero topógrafo y geodesta durante la ejecución de estos.

## **Hipótesis de trabajo**

El control topográfico y demás técnicas auxiliares, como herramientas indispensables para la construcción , refiriéndose a la ampliación de una planta cementera.

## **Estrategia metodológica**

Teniendo en cuenta la importancia del trabajo, es necesario seguir una serie de pasos que permitan el adecuado desarrollo de las actividades de manera ordenada y estratégica. En primera instancia, es necesario realizar una investigación de una cantidad diversa de fuentes para seleccionar la información a mostrar, esto con el fin de ofrecer un panorama extenso del trabajo a realizar y su objetivo. De la misma manera, se obtendrá un asesoramiento profesional que permita explicar la relación jurídica y normativa existente en los trabajos de construcción y que, como ingenieros topógrafos y geodestas, estamos involucrados y debemos conocer. Además, se ejemplificarán los procedimientos utilizados en la labor del control topográfico para la construcción en ampliación de una planta cementera a través de casos prácticos que se dieron en un entorno completamente real para explicar, a su vez, las diferentes problemáticas generadas y las soluciones aplicadas.

## Capítulo 1

### 1.1 Construcción

De acuerdo con la Real Academia Española, el termino “Construcción” es “acción y efecto de construir. Arte de construir. Obra construida o edificada”. (RAE, S.F)

En términos simple, “construir” es todo aquel acto mediante el cual, con elementos, construimos o edificamos algo. Sin embargo, este término en la actualidad trae consigo dos vertientes de las que es necesario distinguir, la industria de construcción y el sector de construcción.

La industria de la construcción se refiere al conjunto de empresas que operan en el país y cuya actividad, relacionada con la obra. Por otro lado, el sector de la construcción abarca a cualquier persona, ya sea física o jurídica, que lleve a cabo actividades en el territorio nacional con el objetivo de construir o colaborar en la construcción de obras en las que participen empresas que forman parte de la industria de la construcción.

Las culturas más antiguas, que datan de hace millones de años y que pusieron en práctica la construcción, empleaban el uso de piedras y materiales primitivos para levantar los conocidos templos y viviendas en los centros de sus ciudades, muchos de los cuales perduran, en ruinas, actualmente.

En la actualidad, la construcción como un monopolio es una de las industrias predominantes gracias a su importancia en nuestro planeta, pues como vemos diariamente, es la encargada de la edificación de viviendas, espacios de esparcimiento público, obras de ingeniería moderna, entre todos. Dentro de ella, no solo los ingenieros y arquitectos forman una parte fundamental, sino que también los obreros complementan el sistema al ejecutar las labores físicas, ya sea con el uso de máquinas o de maneras más rústicas, es decir, manualmente. Y todo ello

con el fin común de lograr la correcta ejecución de la obra en curso. Por lo tanto, dependiendo de la utilidad de la obra concluida, podemos distinguir entre:

- Construcción residencial, encargada de hacer viviendas y edificios.
- Construcción comercial, que es la dedicada a levantar centros comerciales, edificios de oficinas y tiendas de todo tipo.
- Construcción terciaria, encargada de edificar todo aquello relacionado al sector servicio, como universidades y escuelas.
- Construcción industrial, enfocada a la construcción de fábricas y similares.
- Construcción de obras públicas, encargada de las obras de disfrute general que son usualmente financiadas por el gobierno del lugar en que se ejecuten, tales pueden ser vías de comunicación, obras hidráulicas, etc.

## **1.2 Remodelación**

Gardey (2024) afirma que la remodelación es el proceso y el resultado de remodelar. Este verbo se refiere a modificar o transformar algo, ya sea mediante cambios en su estructura general y que son visibles particularmente de manera física, o en ciertos componentes específicos que cambian su estructura interna.

Por ejemplo: “La remodelación de la escuela primaria costara más de 1 millón de pesos” “Es necesario remodelar el establecimiento para estar a la vanguardia”.

El uso más frecuente del término tiene relación con las obras realizadas con el fin de modificar las características de construcción de un inmueble, dichos suelen ser dirigidos por arquitectos, aunque no es una regla escrita, y pueden ser de gran magnitud en función del tipo de edificio a remodelar.

Un caso común es el de una casa, si originalmente tiene una planta y dos habitaciones, con el proceso de remodelación puede convertirse en una casa de dos plantas y cinco habitaciones en lo que se ofrece una comodidad mayor a sus habitantes, un uso aprovechable mayor a la vivienda y aumenta su costo por los metros cuadrados construidos de la misma.

Otro tipo de remodelaciones tiene que ver con espacios de uso común o público como lo puede ser un parque, donde a través de la remodelación, dadas las normas actuales relacionadas al medio ambiente, se puede incluir la plantación de árboles, espacios de estanques, zonas de deportes, arreglo de luminarias e incluso la implementación de una ciclovía

Una de las ventajas de las remodelaciones en nuestros tiempos, es que en el caso de los proyectos de índole privado como es la vivienda, el trabajo puede ser ejecutado a través del método “Hágalo usted mismo” o “Do it yourself” (Conocido como DIY por sus siglas en inglés), en el que a través de manuales o tutoriales que se hallan en internet se le puede dar un aspecto nuevo a las áreas con una materia prima básica o incluso haciendo uso de la reutilización con elementos que tengamos a la mano.

“En la era anterior a la Red, esta serie de consejos y recetas para dar nueva vida a nuestros ambientes se distribuían a través de la televisión, en forma de programas emitidos en horarios de poca audiencia, sin embargo, en la actualidad no es necesario esperar ni invertir dinero para dar con una infinidad de vídeos y artículos detallados que nos enseñan los secretos de la remodelación de interiores y exteriores con el menor coste posible.” (Edu.lat, s.f.)

Para el presente trabajo, estamos analizando la forma específica de ampliación y remodelación mediante construcción, en el caso específico de la planta cementera Cruz Azul, haciendo énfasis en la Topografía como fuente base importante para dicha remodelación y ampliación.

Recordando que, para interpretar cualquier tipo de proyecto de obra civil, la topografía es fundamental.

### 1.3 Topografía

La tarea de representar la superficie terrestre de la forma más fiel o precisa posible trae consigo una serie de pasos y herramientas especiales para lograrlo. La topografía como ciencia, se encarga del análisis y estudio de la superficie terrestre, tomando en cuenta sus accidentes geológicos y otras características relevantes para su correcta representación gráfica, en la que diversas disciplinas intervienen.

Miguel Montes de Oca, en su libro “Topografía”, la describe como “La ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio.” (1989, pág. 4)

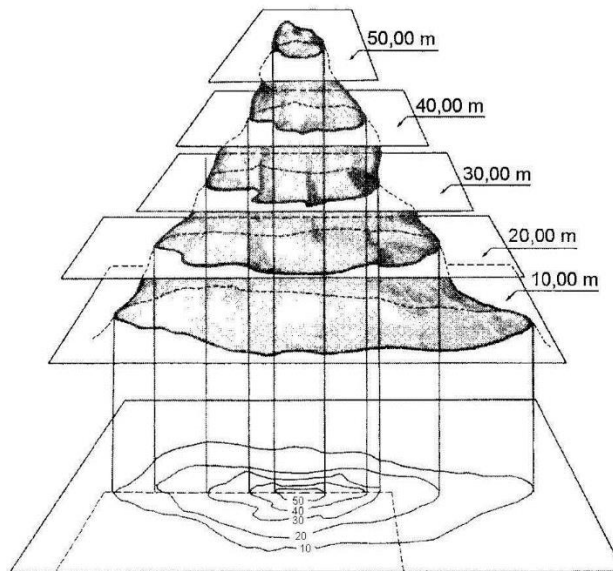
Es importante mencionar, que al hablar de “Elementos del espacio”, hacemos referencia a los conceptos de distancia, dirección y elevación, que son fundamentales en los trabajos de topografía desde su aplicación más básica hasta aquella más compleja.

En este sentido, podemos entender que la topografía es una disciplina imprescindible en los campos relacionados a la geografía, la cartografía, la batimetría, arquitectura y, si incidimos en ámbitos especializados, incluso puede ser de utilidad en trabajos de arqueología o paleontología.

Si bien, no se conoce a exactitud la invención de esta ciencia, los trabajos más remotos de topografía datan de hace miles de años en civilizaciones como el antiguo Egipto y Grecia, con antecesores importantes como Anaximandro y Mileto con sus conocidas cartas geográficas.

Al hablar de esta ciencia, una disciplinita que no puede perderse de vista es la cartografía, pues si bien, la topografía nos da los datos necesarios para representar la superficie, la cartografía nos otorga los elementos para visualizar de manera grafica esta información obtenida de campo. Así, los “Mapas topográficos”, usan un sistema de representación de planos en los que las elevaciones de la superficie se

mostrarán como líneas que conectan a puntos concretos con el mismo valor o “cota”, a los que se le denomina “Curvas de nivel” **(Figura 1.3.1)**



*Ilustración 1.3.1 Representación de plano Hipsográfico.*

Para estos mapas, el plano de referencia de uso común suele ser el nivel medio del mar, por ser un área de fácil identificación, es entonces que se deja de hablar de cotas para entrar al concepto de “altitudes”.

De forma práctica, la topografía tiene una variedad de clasificaciones en pro de sus objetivos y su metodología de trabajo, en los que podemos destacar dos: la topografía de medición directa y la de medición indirecta.

La primera de estas se encarga de comparar distancias, áreas y direcciones reales con respecto a la unidad de medida utilizada, por ejemplo, al usar una cinta métrica.

La medición indirecta, por su lado, se encarga de usar fórmulas matemáticas y procedimientos en los que no se hace uso de herramientas de medición en campo, este proceso es común al usar sistemas de información geográfica o al hacer cálculos de medidas o coordenadas a través de datos globales u otros sistemas como es el caso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Además, en términos generales, existen diferentes ramas de la topografía comúnmente mencionadas como la “topografía clásica” que se encarga de la obtención de coordenadas y referencias esféricas, en las que la planimetría (obtención de distancias y coordenadas horizontales planas) y la altimetría (obtención de cotas o elevaciones), se vuelven la tarea del día a día. Por otro lado, también existe la agrimensura que es la disciplina que mide las áreas de la superficie de la tierra para definir los límites de estas, o la geodesia, que realiza representaciones gráficas de la forma y dimensiones de la tierra tomando en cuenta perturbaciones físicas más abstractas como el campo gravitatorio o el fondo oceánico.

A través de esto, podemos darnos cuenta de que la topografía busca obtener datos precisos para visualizar nuestro objetivo de la forma en que mejor convenga, para esto se obtiene información a través de dos tipos de medida: Angulares y lineares, la primera de ellas consta de mediciones de ángulos horizontales y verticales, mientras que en la segunda se miden distancias por distanciómetro u otros métodos. Todo esto sin dejar de tomar en cuenta que también se puede hacer la obtención de volúmenes y elevaciones que posteriormente se proyectan y representan en el sistema adecuado.

#### **1.4 Objetivos de la Topografía**

Aunque en nuestro hablar diario, la topografía como concepto no es común, tampoco es un término difícil de comprender. Sin embargo, cuando deseamos profundizar en sus objetivos y procedimientos la tarea es mucho más compleja, pues esta disciplina determina, entre otros, las posiciones de puntos terrestres como lo son coordenadas, teniendo en cuenta los detalles y forma natural o artificial de la tierra.

Como se mencionó con anterioridad, la topografía se divide en dos campos: la planimetría y la altimetría. En palabras bastas, la primera estudia el conjunto de métodos y trabajos necesarios para tomar en campo los datos geométricos

necesarios para proyectar en una superficie plana y horizontal el terreno. Mientras que la segunda estudia todo lo relacionado a los elementos que suministran información de alturas y forma del terreno en sentido vertical.

La curvatura terrestre influye directamente en el análisis topográfico, particularmente en la planimetría. En términos generales, las mediciones obtenidas suelen diferir de la realidad debido a este factor. A continuación, se calcula el margen de error o el impacto de la curvatura, con el fin de corregir los resultados en los cálculos posteriores.

“La finalidad principal de la topografía es la localización de puntos, concretamente en la superficie terrestre. Estos puntos pueden determinarse o localizarse si se conocen otros datos: la dirección del punto y la distancia a la que se encuentra de otro punto conocido, las direcciones y las distancias desde otros dos puntos conocidos.” (Ingeoexpert, 2021)

#### **1.4.1 Sistemas elipsoidales de referencia.**

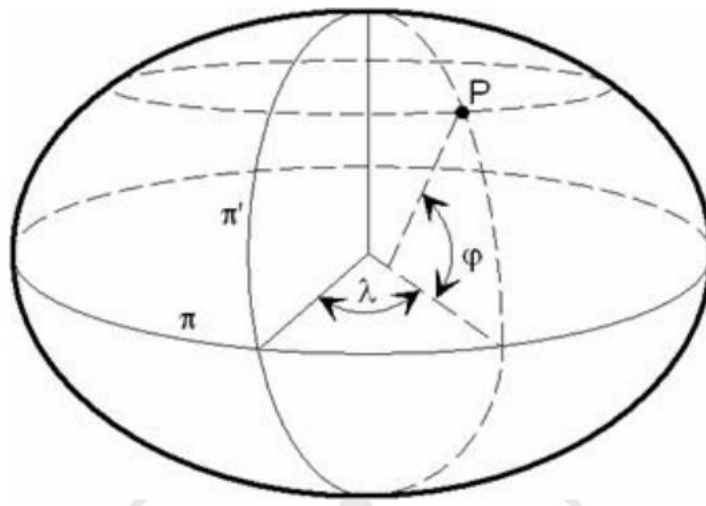
Debido a la complejidad tanto de la definición matemática del geoide como de su concepto, la superficie terrestre puede ser representada de manera aproximada mediante un elipsoide de revolución. Este sistema se define a través de parámetros específicos que simplifican el modelado de la forma de la Tierra, permitiendo realizar cálculos más precisos en áreas como la geodesia, cartografía y navegación. Aunque el geoide es la forma física real de la Tierra, el elipsoide ofrece una representación más práctica y manejable para aplicaciones científicas y tecnológicas. Las partes básicas de este sistema, de acuerdo al IGN, son:

- Superficie de referencia: dimensiones (semiejes  $a$ ,  $b$ ).
- Semieje ecuatorial ( $a$ ) o semieje mayor: Longitud del semieje correspondiente al ecuador, desde el centro de masas de la Tierra hasta la superficie terrestre.

- Semieje polar (b) o semieje menor: Longitud del semieje desde el centro de masas de la Tierra hasta uno de los polos. El elipsoide se genera por la revolución de una elipse alrededor de éste.
- Ejes o líneas de referencia en la superficie.

(IGN, 2020)

#### 1.4.2 Sentidos de medida.



*Ilustración 1.4.1 Sistema de coordenadas en el elipsoide*

Sobre esta superficie se definen las coordenadas geodésicas en las que se encuentra la latitud y la longitud geográfica, definidas de la siguiente manera **(Figura 1.4.1)**:

- Latitud geográfica ( $\varphi$ ): ángulo medido sobre el plano meridiano desde la línea del ecuador hasta la normal al elipsoide en P. Se mide de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  en dirección norte o sur.

- Longitud geográfica ( $\lambda$ ): distancia angular existente sobre el plano ecuatorial entre el meridiano origen y el plano meridiano que pasa por P. Se mide de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  en dirección este u oeste.

Para hacer uso correcto de estos conceptos es importante considerar a su vez elipsoide de revolución que mejor se pueda adaptar al geoide de la zona, en puntos donde exista coincidencia para lograr conseguir un sistema geodésico de referencia. Como tal, no existe una definición universal del sistema geodésico ya que gracias a las características de la tierra lo vuelve una tare muy compleja e incluso imposible, pero si existen diferentes modelos para cada país que se ajustan de mejor manera al geoide en esas zonas.

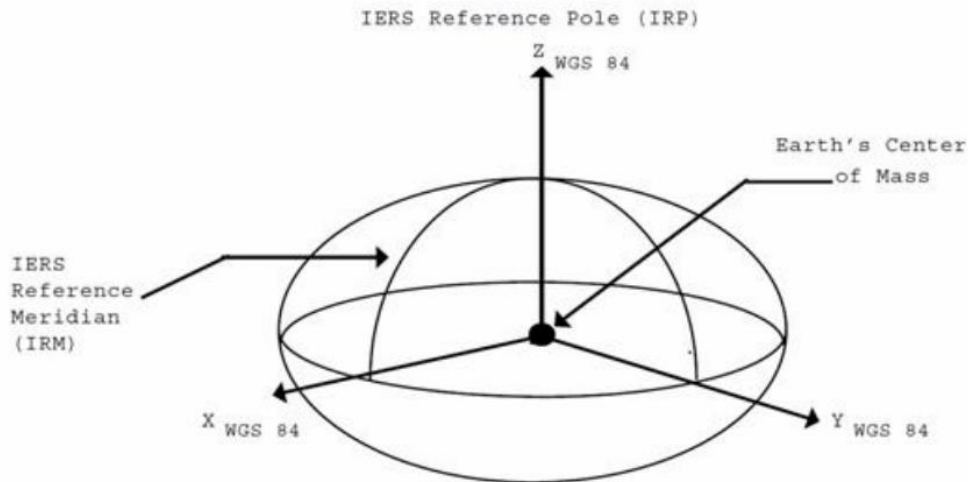
### **1.5 El World Geodesic System 1984 (WGS84).**

El WGS84, creado en los Estados Unidos de América en 1987, es un sistema de referencia global único para referenciar posiciones y vectores. Este sistema fue establecido usando observaciones satelitales, buscando que se adaptara lo mejor posible a toda la tierra.

Es un sistema cartesiano definido de la siguiente manera:

- Origen. Centro de masas de las tierras, en las que se incluyen los océanos y la atmosfera.
- Eje OZ. Dirección del polo que coincide con el eje terrestre convencional.
- Eje OX. Intersección del meridiano de referencia y el plano perpendicular al eje OZ.
- Eje OY. Complemento del sistema cartesiano ortogonal orientado de manera positiva.

Relacionado a esta definición se considera un sistema de coordenadas geodésicas en las que el elipsoide de revolución coincide con el origen de coordenadas y con el eje OZ, respectivamente.



*Figura 1.5.1 Definición del WGS84*

## 1.6 Tipos de Coordenadas

“La certeza de la redondez del planeta se tiene desde la Antigüedad clásica, y el primero en calcular las dimensiones de la Tierra fue el griego Eratóstenes (276-194 a. C.), quien confeccionó con ellas un primer mapamundi.” (Kramers, 2001, págs. 23-35)

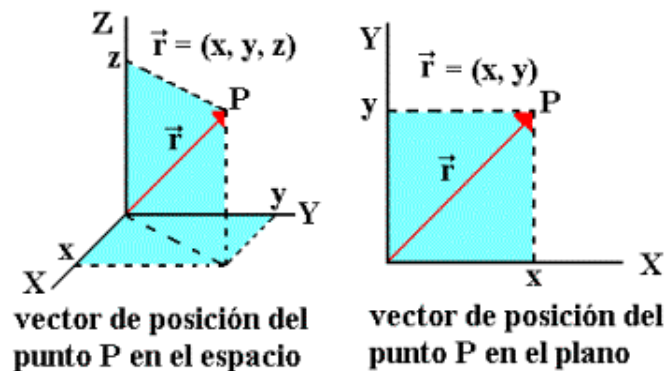
Dada su antigüedad, el plano se ha perdido siglo tras siglo, pero gracias a relaciones ha sido posible tener una idea aproximada de su función y observar que implicaba un sistema de coordenadas capaz de dividir la tierra en segmentos denominados “SPhragidas”, que contenía dos ejes, el que comunicaba el norte y sur, que es un paralelo que cruzaba por Alejandría, y otro que conectaba el este y oeste, que era un meridiano que pasaba por Atenas hasta las columnas de Hércules.

“Sin embargo, el primer impulsor de un sistema de coordenadas similar al que hoy conocemos fue el astrónomo Ptolomeo (c.100-c.170 d. C.). En su estudio de ocho tomos de la masa terrestre conocida (es decir, Europa, África y buena parte de Asia), titulado Geografía, propuso la utilidad de este sistema de representación geográfica.

Tal fue la importancia de esta obra, a la que poca atención se le prestó durante el Medioevo, que su redescubrimiento en el siglo XV fue clave para impulsar la navegación y la exploración del planeta, lo cual condujo a la llegada de los europeos a América.” (Torre, 2018, pág. 50)

De acuerdo con Víctor Olaya (2014) Las coordenadas geográficas son un sistema de referencia global que asigna a cada punto de la Tierra un par de valores relacionados con la latitud y la longitud. En términos más simples, se trata de una forma de representar la superficie terrestre mediante líneas imaginarias (meridianos y paralelos) que se cruzan, creando puntos con valores matemáticos específicos, llamados coordenadas. (págs. 46-47)

Una coordenada está constituida por dos valores de referencia, determinados por un eje imaginario (Figura 1.6.1)., que regularmente se expresan en valores de grado sexagesimal para representar matemáticamente la forma esferoidal que tiene nuestro planeta.



*Figura 1.6.1 Sistema de coordenadas planas y tridimensionales*

Los dos ejes que determinan estas coordenadas son la latitud y la longitud definidas con anterioridad, que permiten ubicar un punto en una proyección ortográfica de la Tierra. Representándolo así en cantidad expresadas en grados, minutos y segundos respecto a líneas de referencias.

Así, en un ejemplo que menciona la IBM (2023): “Las coordenadas geográficas de la ciudad de Nueva York, Estados Unidos, son 40°42' N y 74°00' O, lo cual se lee: cuarenta grados con cuarenta y dos minutos latitud norte y setenta y cuatro grados longitud oeste.”

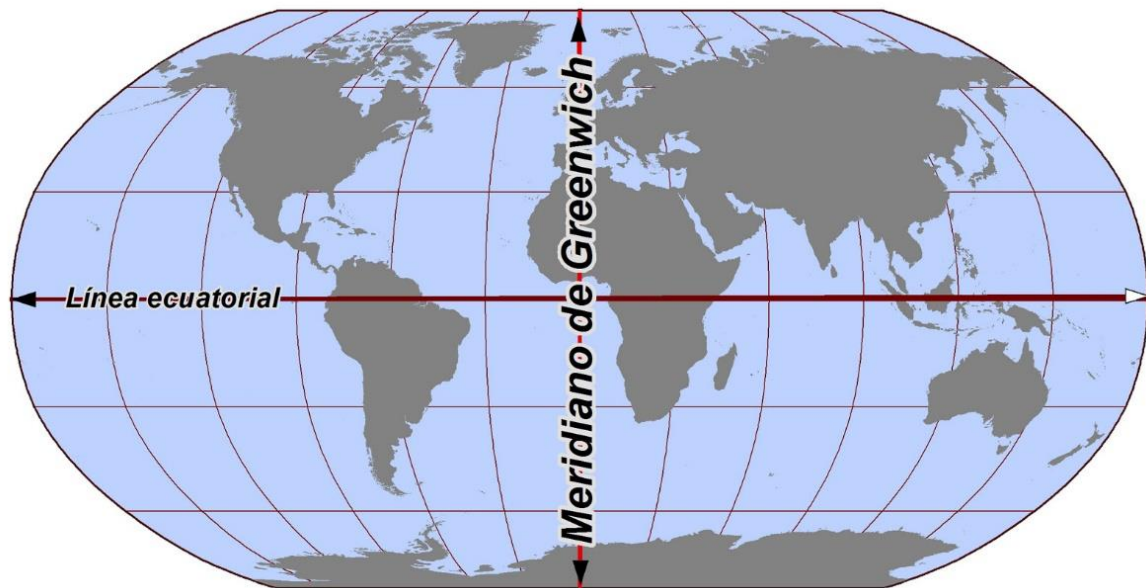
“La latitud, abreviada lat. y simbolizada con la letra griega phi ( $\Phi$ ), es la medida del ángulo formado entre el paralelo del ecuador, el centro de la tierra y dicho punto de la superficie terrestre, o sea, la línea imaginaria que divide al mundo en dos hemisferios.” (GLOBAL, 2022)

Está determinada por los paralelos, cada uno separado del ecuador por una cantidad fija de grados sexagesimales (y sus unidades inferiores, minutos y segundos), ya sea en un sentido positivo (asociado tradicionalmente al hemisferio norte, o sea, a la latitud norte) o un sentido negativo (asociado tradicionalmente al hemisferio sur, o sea, a la latitud sur), hasta alcanzar los respectivos polos norte y sur del planeta. Así, el polo norte registra 90° de latitud Norte (N) y el polo sur 90° de latitud Sur (S).

La latitud, además de dividir a nuestro planeta en dos hemisferios, norte y sur, también guarda características en función de dos paralelos sumamente importantes, el trópico de cáncer en el hemisferio norte y el trópico de capricornio en el sur. Cada uno de ellos funcionan como límites entre zonas climáticas, donde entre más cerca del ecuador es más cálido hasta la zona cercana a los 24° y en las que más lejos de esta misma la temperatura baja hasta el ambiente frío de los polos.

La longitud, también alberga a la línea del meridiano principal o “Meridiano de Greenwich” ubicado en las afueras de Londres, donde antiguamente se hallaba el observatorio real. Este, funge como referencia para asentar el conteo por grados sexagesimales de las siguientes líneas imaginarias de los meridianos, que son comúnmente descritas como “Gajos de mandarina” de forma cotidiana y a partir de los cuales ubicamos a los puntos de longitud en los que se determina si una magnitud es positiva (al este) o negativa (al oeste). Si bien, su división no es tan exacta como la de los paralelos, sirve para establecer franjas horarias del mundo,

conocidas como “husos horarios”. Estas franjas funcionan de tal forma en que, dependiendo de si la longitud del lugar es positiva o negativa, se le suman o restan horas. Por ejemplo, en nuestro país el uso horario es GMT-6 en el centro (ciudad de México) y GMT-7 en el norte (Baja california), por lo que poseemos el tiempo del meridiano de Greenwich menos seis y siete horas respectivamente. Entonces, cuando en el GMT son las 00:00 hrs, en Baja california serán las 17:00 hrs y en Ciudad de México las 18 hrs aproximadamente.



*Figura 1.6.2 Meridiano de Greenwich*

Cuando juntamos la latitud y longitud en un mismo entorno gráfico, es decir a todos los paralelos y todos los meridianos, apreciaremos una cuadrícula que permite identificar un sistema de coordenadas geográficas en las que es más fácil identificar el punto del globo que se desee localizar. De esta forma, por muchos años en la navegación se emprendían viajes a larga distancia y es el fundamento básico del sistema GPS.

"Existen distintas convenciones y diseños de este sistema, ya que al no ser el planeta una circunferencia perfecta, se deben hacer proyecciones y equivalencias para que el sistema geométrico funcione a la perfección. El sistema más empleado

es el Sistema Universal de Coordenadas Geográficas de Mercator (UTM, por sus siglas en inglés), el cual proviene de la proyección geométrica más aceptada y utilizada del mundo, hecha por el alemán Gerardus Mercator (1512-1594) en 1569" (Sanchez, 2009, pág. 66)

## **1.7 Coordenadas Proyectadas**

Cuando vemos un mapa, de cualquier tema, siempre existirá un sistema coordinado basado en una proyección cartográfica, misma que se adecua de acuerdo con que se desea ver gráficamente. Existen proyecciones centradas a la conservación de distancias entre puntos, como las equidistantes, otras enfocadas al mantenimiento de figuras en la superficie terrestre, como las equivalentes, incluso algunas que conservan ángulos formados entre dos líneas, como las conformes.

Sin embargo, cuando hablamos de topografía, existe un sistema de proyección que se mantiene con regularidad en la colocación de coordenadas, específicamente de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator), que consta de una proyección cilíndrica conforme establecida a base del nivel medio del mar. Cuando hacemos referencia a una proyección cilíndrica, hablamos de un tipo de proyección que se extiende a lo largo de todo el globo terráqueo, mientras que el concepto de "conforme" se refiere a que, como se mencionó brevemente antes, conserva valores de ángulos para guardar precisión respecto a ubicaciones.

Las ventajas de este sistema son bastas, entre las que encontramos:

- Los paralelos y meridianos se ven representados en forma de cuadrícula, para facilitar el cálculo de distancias en puntos del mapa.
- Las distancias son fácilmente medidas, al menos en comparación con otras proyecciones.
- Se conservan características de accidentes geológicos en áreas reducidas, lo que permite el análisis del relieve en una zona.

- Los rumbos y direcciones son fácilmente marcables, por lo que es un sistema que puede implementarse en navegación.

A pesar de esto, también hay inconvenientes a tomar en cuenta al hacer uso de este sistema, tales como:

- Las distancias pueden distorsionarse cuanto más alejados nos hallemos del punto de tangencia del sistema.
- También existen irregularidades en función de las altitudes, es decir, entre cotas más elevadas, el error también aumenta.
- No hay representación de los polos, dado el tipo de proyección cilíndrica que no logra abarcar los mismos.

Dado a que es un sistema de uso imprescindible, el problema de la deformación se ha reducido mediante la implementación de “husos”, dentro de los que se divide el planeta el sesenta zonas de seis grados de longitud, cada una con su meridiano central. (Figura 1.7.1)

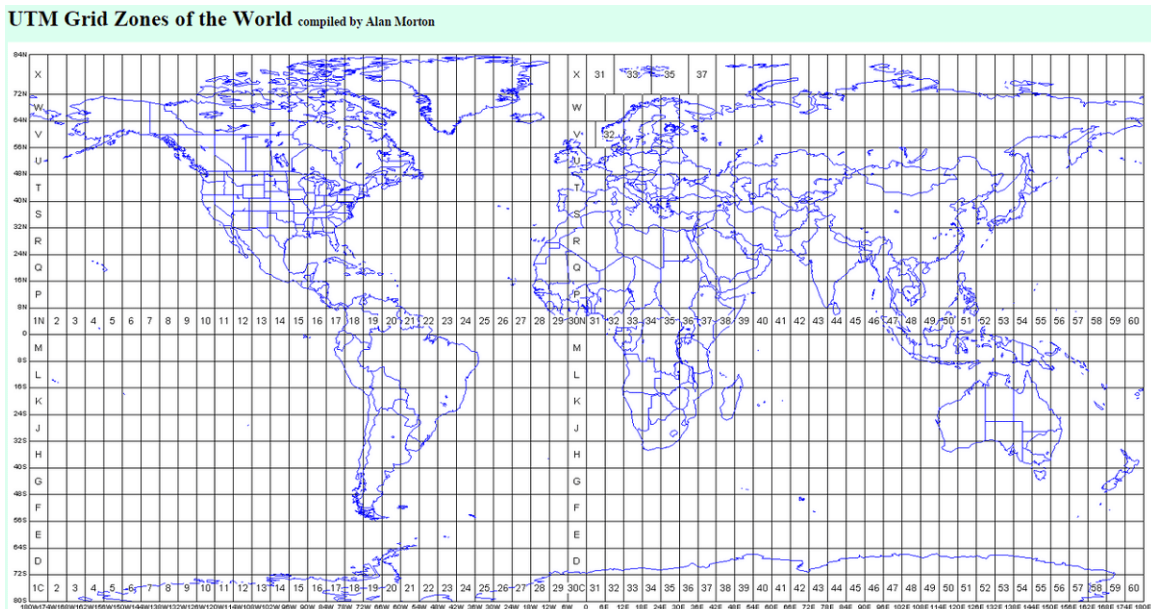


Figura 1.7.1 Zonas UTM

Los husos se enumeran del uno al sesenta, siendo el inicio el meridiano de Greenwich y contabilizando hacia el este. Cada uno se divide, a su vez, en zonas denominadas por letras mayúsculas en dirección norte-sur, comenzando por la letra C y finalizando en la X, excluyendo a la I, O, A, B, Y y Z, para evitar confusiones. De esta forma, cada zona se integra por una letra y un número en una extensión de cien km por lado, en valores enteramente positivos.

Por ejemplo, en la ciudad de Puebla, México, nos podemos encontrar con una ubicación de coordenadas 14Q 592757 2106148, donde 14 indica la zona UTM, la Q la banda, el primer número la distancia en metros al este o mejor conocida como "Coordenada X" y el segundo número es la distancia en metros al norte o "Coordenada Y". Es un sistema de uso universal, ya que, gracias a su clasificación interna, solo basta con ubicar adecuadamente el huso de la zona en la que se trabaja, además de que su formato numérico facilita su implementación en programas informáticos para la obtención de medidas.

"Las proyecciones se emplean para representar un objeto sobre plano. Aquí también se hace uso de las geometrías y el eje cartesiano. Cada uso tiene una longitud de 6 grados y existe un meridiano central a los 3 grados de longitud que lo divide en dos partes iguales y que se emplea para la proyección UTM. Para tener una mayor exactitud, sabemos que cada huso está dividido por el paralelo de origen en el Ecuador. Este paralelo al origen lo divide en dos partes iguales según los hemisferios. Sabemos que nuestro planeta tenemos el hemisferio norte y el hemisferio sur dividido por la línea del Ecuador." (Kraak, 2010, pág. 104)

El meridiano central y el ecuador, dentro de el sistema UTM, establecen los ejes cartesianos clave para la colocación de husos y el posicionamiento de puntos. Al visualizar en un mapa este tipo de proyección, el meridiano corresponderá al eje X y el ecuador, un paralelo, constituirá el eje Y. Dentro de una zona, el eje X en su meridiano central tendrá un valor de 500,000 y puede aumentar hacia el este o disminuir hacia el oeste, mientras que en el eje Y se considera además el hemisferio en que la zona se halle, por ejemplo, en el hemisferio norte del ecuador posee un

valor de 0 que aumenta respecto al polo hasta en 10000000, mientras que en el sur, el valor base respecto al ecuador será de 10000000 y disminuye mientras más cerca este del polo.

La determinación de estas magnitudes ha sido reglamentada con el propósito de perder la posibilidad de valores negativos, por lo que, si llegamos a encontrar uno, estaremos hablando de un error en el uso de coordenadas UTM, pues es imposible.

## Capítulo 2

La empresa Cruz Azul, mundialmente conocida tiene ramo principalmente en dos grandes vertientes, una es la cementera y otra en los concretos.

### 2.1 La cementera Cruz Azul

La Cooperativa La Cruz Azul, S.C.L, conocida como cementos cruz azul, es una empresa de origen mexicana veterana en la industria de construcción. Originaria de Jasso, Hidalgo, la empresa cuenta con cuatro plantas, de las que dos son cooperativas, es decir asociaciones para obtención de bienes o servicios que cubran necesidades, ubicadas en Ciudad cooperativa cruz azul del estado de Hidalgo y en Lagunas, Oaxaca, respectivamente y las otras dos son conocidas como Sociedades Anónimas de Capital variable en Aguascalientes y Puebla, que son parte de CYCNA (Cementos y concretos nacionales).

Cruz Azul fue fundada en 1881, cuando Henry Gibbon alquilo una hacienda en la ciudad de Jasso, en Hidalgo, para instalar una productora de cal hidráulica. En 1883, el inglés se asoció con Joseph Watson quien sumo recursos importantes para la explotación y producción. Sin embargo, debido al tiempo y a las dificultades, la empresa cayo en quiebra para 1906, cuando la falta de inversión hizo insostenible el seguir con la producción, hasta que el banco central asumió el poder de la fábrica, constituyendo para 1909 la “Compañía Manufacturera de Cemento Portland La Cruz Azul, S.A.” quedando como socio el empresario Fernando Pimentel y Fagoaga.

Para 1910, se popularizo el rendimiento que se alcanzaba con la explotación de la caliza y el yeso que se daba en el estado de Hidalgo para la producción de cemento, es por ello, que a un costado de la estación de ferrocarril tolteca, a unos cuantos kilómetros de la sede de La Cruz Azul, se instaló una nueva fábrica de cemento que hizo competencia a la mencionada, y que, gracias a las inversiones iniciales y a la maquinaria moderna, se consolido como la que obtenía el mayor recurso económico. Sin embargo, esto no fue impedimento para que la cruz azul tuviera una competencia en la que fue posible coexistir hasta nuestros días.

La crisis mundial de 1929 causa efectos redundantes que repercuten en las principales industrias del país, entre las que la industria de construcción fue más afectada; por esta razón, los socios de La Cruz Azul retiran su capital poco a poco.

“La Cruz Azul tuvo que reducir su producción al 33% de la capacidad instalada. Para ese entonces, en México había a tres fábricas de cemento: La Cruz Azul y La Tolteca en el centro de la República Mexicana y Cementos Hidalgo en el norte. Las circunstancias parecían propicias para que se redujeran a dos.

La operación de compraventa de La Cruz Azul se efectuó el 1 de marzo de 1931 por la cantidad de un millón de pesos mexicanos por parte de La Tolteca.” (Castañeda, 2005)

La Tolteca, ante la obtención de la marca Cruz Azul, opera bajo este nombre como se esperaba que fuese desde el momento de la adquisición, lo que trae consigo el inicio de la lucha por la conservación de la fuente de trabajo de los obreros, recién liquidados, ocasionando que en protesta tomen la planta en sus manos.

Como una medida de recuperación, la tolteca obra legalmente para recuperar la planta, pero no cuenta con la apelación de los trabajadores originales, bajo la “ley de expropiación por causa de utilidad pública”, que entre otros busca regular los procesos de adquisición forzosa de bienes privados a favor de un beneficio de nivel público, con la que buscaban la obtención del bien por medio de la expropiación de las fuentes de riqueza y trabajo que brindaban al estado de Hidalgo un beneficio que se veía reflejado en el bien público, específicamente en el sector obrero.

El gobernador de ese entonces, Bartolomé Vargas Lugo, decreta como medida final la expropiación de la cruz azul, adjudicándola a los trabajadores para convertirla en una cooperativa y dejara de ser entonces un bien de índole privado.



*Figura 2.1.2 Cementera cooperativa Cruz Azul*

Para el 2 de noviembre de 1931 la fábrica se impulsó como una cooperativa, desde entonces los mismos obreros se hicieron cargo de la fábrica, para dos años más tarde, constituirse oficialmente con 192 socios fundadores. Este logro no fue gratis, pues la compra de la compañía por los trabajadores tuvo un costo aproximado de MXN\$1,312,555.66, monto que se cubrió en plazos de 20 anualidades.

Tras el nuevo manejo de La Cruz Azul, los inversionistas extranjeros se vieron temerosos ante la posibilidad de que sus empresas pudieran sufrir un proceso similar de expropiación, lo que amenazaba sus intereses y creó una polémica política en el país en esos años. Es por esta razón, que Plutarco Elías Calles, propone que el comprador no sean los trabajadores, si no el estado como aval del gobierno federal, quien además cuidaría los derechos de antigüedad de los trabajadores de aquel entonces.

De acuerdo con la historia de la cooperativa cruz azul (2005): “En 1942 se inició la construcción de la planta de Lagunas, Oaxaca. La empresa constituía un gran reto, pues la región contaba con ricos yacimientos de materia prima; sin embargo, las condiciones ambientales eran totalmente adversas y el lugar era de difícil acceso.

Para llegar había que viajar varios días en tren y se trataba de una zona palúdica con fuertes precipitaciones pluviales. A pesar de todo, con equipos usados se logró construir una fábrica con una capacidad instalada para producir 100 toneladas diarias de cemento. La Cruz Azul daba otro paso en su desarrollo, guiada en esta nueva empresa por los mismos principios aplicado en su fábrica de Hidalgo: Invertir para compartir logros obtenidos en cada región. En 1967 Se instaló el horno número 6, en la planta de Hidalgo. Inicia funciones la Secundaria "10 de diciembre", en Cruz Azul, Hgo. En 1978 la cooperativa se llena de vida, a la entrada del director Joel Luis Becerril Benítez la cooperativa vive sus 12 años de apogeo. La cooperativa tiene 2 campeonatos durante su mandato.” (págs. 12-15)

Es importante mencionar, que la cooperativa también tiene en posesión un equipo de futbol con el mismo nombre, que opera desde 1927 y que en la actualidad está en la primera división. Este equipo es uno de los más populares en el país y es considerado, desde hace años, como uno de los 4 más grandes de México.

## **2.2 Controversias**

Según varios autores, entre ellos Gonzalez,J. en su libro (La Cooperativa Cruz Azul: Entre el éxito y la controversia, 2018) se han encontrado más de 50 documentos que sustentan que entre enero de 2016 y finales de 2017, la Cooperativa Cruz Azul destinó más de 191 millones a gastos de "consultoría", "relaciones públicas", "procesos administrativos" y "manejo de presupuesto estratégico para planes de desarrollo y crecimiento" a través de facturas emitidas por 15 empresas que cobran entre dos y seis millones por servicio. (pág. 96)

“Se identificaron coincidencias entre las empresas prestadoras de servicios, como el haber sido constituidas entre enero y febrero de 2015, que algunas de ellas fueron creadas en notarías en la ciudad de Puebla, así como que varias están ubicadas en plazas comerciales pequeñas de formato similar. En algunos casos, incluso, se identificó a la misma representante legal: Mónica Amelia Moreno Cuevas. Algunas de estas empresas están vinculadas con cuentas en paraísos fiscales como las Islas

Caimán. Específicamente, la empresa Attar 2715 S.C. se encuentra enlistada por el Instituto Nacional Electoral (INE) por ser parte de un mecanismo de financiamientos irregulares,<sup>7</sup> así como por el Servicio de Administración Tributaria (SAT) por "presuntamente realizar operaciones simuladas." (Electoral, 2017)

Las controversias alrededor de la fábrica, y las autorizaciones de los pagos se han ligado con el director general de la cooperativa en aquellos años, Guillermo Álvarez Cuevas, al que se le acusa de involucrarse en la existencia de paraísos fiscales y empresas fantasmas, lo que provocó la investigación continua y la solicitud de informes financieros periódicos y específicos. Aunque desde 2011 se ha buscado destituir a Guillermo Álvarez de su cargo y se obtuvo el aval de la suprema corte de justicia, esto no se ha logrado gracias a los amparos y apelaciones generadas, incluso en el año 2020 se giró una orden de aprehensión por irregularidades que cubrían un monto de más de 420 millones de pesos, pero es hasta el año 2025 que un juez de control le vincula a proceso y es detenido acusado de delincuencia organizada y de operar con recursos de procedencia ilícita, es decir, de lavar dinero.

Actualmente, se le mantiene preso en el penal del altiplano, donde espera la resolución de la investigación de la fiscalía general de la república.

### **2.3 El Concreto Cruz Azul**

Concretos cruz azul, comenzó a producir en el año 1991. Con cuatro plantas dosificadores y doce unidades revolventoras crearon alrededor de 64,000 m<sup>3</sup>. Para 2015 se aumenta la posesión de plantas de concreto y revolventoras distribuidas alrededor del territorio nacional en sus cuatro plantas de producción, además de contar con equipos de bombeo especializado.

La marca se centra en otorgar el servicio especializado y atender necesidades del mercado del concreto designado a la construcción en México, contado con infraestructura que compite con el mercado actual y ofrece servicios de calidad con la asesoría de expertos.

## **2.4 Definiciones Técnicas**

“La palabra Cemento deriva del latín *cæmentum*, cuyo significado es argamasa.”  
(CEMEX, 2024)

El origen de la palabra, se remonta las civilizaciones antiguas como las romanas en las que la explotación del cemento fungía como material conglomerante en las construcciones.

El cemento es un material conglomerante, con propiedades que le dan la capacidad de aglutinar minerales en pro de crear un todo compacto. Es el componente primordial del hormigón.

En el área de construcción, se restringen los aglutinantes con piedras, arenas, bloques de construcción, etc. Y se usa el cemento calcáreo por su contenido de cal. Pero también existe el cemento usado en la fabricación de concreto, que se endurece por reacción química mediante el proceso de fraguado y se conocen como cementos hidráulicos.

La versión más usada de este material es el cemento Portland, ya que se implementan en grandes edificaciones como puentes, presas, edificios, etc. Y que es un conglomerante de tipo hidráulico, es decir, que endurece por medio del fraguado.

## **2.5 Tipos de cemento**

Como se mencionó con anterioridad, el cemento puede tener variantes en función de su composición química, por lo que existe la siguiente clasificación.

- Cementos arcillosos. Con componentes de arcillas y piedras calizas, como el óxido de calcio o dióxido de silicio.
- Cementos puzolánicos. En los que se integran las cenizas volcánicas. Como Clinker, yeso y puzolana.

Por su popularidad y uso común, hablaremos de la composición del cemento de tipo arcilloso "Portland".

Desde una perspectiva química, Neville A.M (2010) indica que está compuesto por los siguientes óxidos:

- Sílice ( $\text{SiO}_2$ ): este óxido representa entre 19 y 25% del cemento.
- Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): su cantidad varía entre un 3,5 y 8% del cemento.
- Óxido de Hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ): su proporción oscila entre el 2,5 y 4,5% del total.
- Cal ( $\text{CaO}$ ): el componente predominante, representando entre un 62 y 65% del cemento.
- Yeso ( $\text{SO}_3$ ): representa un 1,5 y 4,5% del material.
- Magnesia ( $\text{MgO}$ ): su proporción se ubica entre un 0,5 y 5% de la mezcla.
- Alcalis ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ): por último, la cantidad este óxido oscila entre 0,2 y 1,2% del total.

(pág. 26)

Es importante mencionar que su composición química no es exacta y muchos autores aun debaten sobre cuál es la más aproximada al momento de denominar a uno de estos cementos como tal, por lo que para que no exista una variación muy grande bajo este nombre, se han creado diversas normas en Europa sobre su fabricación.

## 2.6 Propiedades del cemento

"Las principales propiedades fisicoquímicas del cemento son:

- Finura: un factor importante en la hidratación es la superficie de contacto. Por ello, mientras más finas sean las partículas del cemento mayor será la velocidad de hidratación, lo que provoca un desarrollo de resistencias del hormigón más rápido.

- Tiempo de fraguado: cuando el cemento reacciona con el agua y forma la pasta de hormigón, esta será una mezcla con plasticidad constante por un tiempo limitado. Luego, la mezcla se endurecerá gradualmente.
- Consistencia normal: se refiere a la fluidez de la mezcla correspondiente para una cantidad de agua. Esta propiedad guarda relación con la calidad del cemento y el tiempo de fraguado.
- Resistencia mecánica: el cemento le proporciona al hormigón resistencia mecánica. Sin embargo, la calidad y las proporciones de los demás componentes influyen también en la resistencia del hormigón, aunque en menor proporción.
- Calor de hidratación: la hidratación es una reacción exotérmica, esto quiere decir que emite calor. Esta propiedad permite precisar la temperatura máxima que desarrollara el hormigón fresco, así como en qué momento se alcanzara.” (Mehta, 2014, págs. 14-16)

#### Otras propiedades del cemento

- Falso fraguado.
- Estabilidad de volumen.
- Contenido de aire.
- Módulo fundente.
- Compuestos secundarios.
- Pérdida por calcinación.
- Residuo insoluble.
- Peso específico y densidad relativa.

## 2.7 Importancia del cemento

El cemento es uno de los materiales primordiales en las construcciones ya que permite el endurecimiento de estructuras, la formación del hormigón, y la unión de materiales diversos en una mezcla.

Como se hizo mención, cuando el cemento hidráulico entra en contacto con el agua, este se hidrata y da pie al inicio del proceso de fraguado, en el que las partículas pétreas que componen el cemento quedan envueltas y se crea la masa de hormigón.

La hidratación se da por el óxido de calcio, componente principal en la cal, y el agua, pero si bien otros conglomerantes pueden llevarlo a cabo, como es el caso del yeso, la composición específica del cemento y su potenciación a lo largo de los años, además de su característica aglutinante permite que sea un tipo de cal perfeccionada ideal para el ámbito de construcción por encima de los otros materiales.

El uso principal de este material es la formación de hormigón usado en muros, blocks, monolitos, etc. Además de que hace posible la generación del hormigón armado reforzado con fibras sintéticas o metálicas, usado primordialmente en la construcción de cimentaciones, vigas, etc. Relacionados a la estructura de una nave industrial.

Además, de ser útil para la construcción de losas de pavimentos que optimizan la superficie de los complejos industriales y evitan que las cargas pesadas que pasan por la misma deterioren gravemente la estructura.

“Esto hace que el cemento como mezcla pura no sea el material más recomendado para construir suelos en sí mismos, ya que su baja dureza ocasiona un desgaste acelerado de la superficie.

En su lugar, es usual que se opte por suelos de hormigón, donde el cemento sí es uno de los materiales fundamentales que lo conforman.

La superficie de losas compuestas por hormigón requiere de tratamientos basados en el sellado y endurecimiento de las losas. Este tratamiento daría como resultado a la obtención del hormigón pulido, el cual destaca por otorgar una protección efectiva que simplifica el mantenimiento del pavimento.” (BECOSAN, 2020)



*Figura 2.7.1 Granulometría del cemento*

## **2.8 El Concreto**

Con el pasar del tiempo el concreto se ha vuelto el material de construcción más usado en el mundo, es un material que brinda versatilidad de forma, función y economía. El concreto, ofrece además una resistencia a esfuerzos de compresión y tracción.

En unión con el acero se forma el concreto armado, que por sus propiedades supera la resistencia de una variedad grande de rocas en su estado natural.

El concreto también puede ser definido como una mezcla se material aglutinante, un relleno de agua y aditivos especiales. Las propiedades son importantes para determinar las proporciones en función de la estructura requerida.

El concreto puede ser clasificado en base a criterios de uso, componentes, resistencia, etc.

Así, puede estar clasificado en:

1. De acuerdo con el tamaño máximo del agregado. Donde depende de las dimensiones de la estructura y cantidad de la armadura.
2. Consistencia. Que puede ser seca, fluida o plástica.
3. Tiempo de fraguado.
4. Por durabilidad. Que puede variar en un periodo de 50 a 100 años útiles.

## 2.9 Tipos de concreto por especialidad

Además de la clasificación a la que se hizo referencia antes, existe otra de acuerdo con la especialidad del concreto, entre las que hallamos las siguientes.

1. De agregado precolado. Que es útil en lugares de difícil acceso para técnicas ordinarias. Es conocido también como concreto inyectado.
2. Para lanzado. Es colocado por una manguera y proyectado a alta velocidad, usualmente es usado para secciones delgadas.
3. Para pavimentos. Se usa un tratamiento especial para su colocación y los aditivos son distintos de acuerdo con las especificaciones del trabajo. (Figura 2.9.1)



*Figura 2.9.1 Tendido de concreto para pavimento*

4. De bombeo. Conducido a presión por un tubo rígido o una manguera de gran flexibilidad y vaciado en el área de trabajo.
5. Vaciado por tubo-embudo (Tremie). Que se vacía usualmente en cimentaciones profundas. Se suele colocar por gravedad a través de un tubo vertical.
6. Concreto ligero. De densidad menor, oscila entre los 400 y los 2000 kg/m<sup>3</sup>
7. Concreto ligero airado. Es una mezcla homogénea de silicatos.
8. Aireado con gas. Usado en producción de precolados como bloques para construcción.
9. Aireado con aditivos. Se añade espuma preformada de forma homogénea a la mezcla.
10. Ligero sin finos. Solo contiene cemento, agua y agregado grueso.
11. De alta resistencia. Pertenecen al grupo de mezclas óptimas, su resistencia a la compresión es mayor a los 400 kg/cm<sup>2</sup>.
12. Reforzado con fibras.
13. Reforzado con fibras. Funciona como un mecanismo de control de grietas superficiales.
14. Compactado con rodillos. Mezcla de cemento con muy poco porcentaje de agua para colocarlo a altas compactaciones.



Figura 2.9.2 Vaciado de concreto premezclado

## 2.10 El proceso de fabricación del cemento|

El proceso de elaboración del cemento sigue una serie de pasos indispensables para finalizarse de la forma correcta.

1.Extracción de materia prima: Se explota por medio de minas a cielo abierto los materiales clave, que minerales de tipo piedra caliza y arcilla, y que fungen como elemento primordial del proceso. (Figura 2.10.1)



Figura 2.10.1 Extracción de calizas

2. Carga de la piedra: El material que se fragmento en el proceso de extracción se carga por medio de maquinaria o de procesos manuales para ser transportados a la planta de trituración.

3. Trituración primaria y secundaria: Esta se lleva a cabo, en primer lugar, por el proceso de trituración por impacto, que es la rotura de los materiales a través de golpes fuertes para disminuir el tamaño de las rocas más grandes. Después, se hace el proceso de trituración secundaria en que el tamaño se reduce aún más para que sea apto del ingreso a la maquinaria.

4. Prehomogenización: El producto de la trituración es transportado al almacén para homogenizarlo a medidas exactas con otros materiales antes de entrar al horno de precalentado.

5. Molienda de la materia prima: El producto homogenizado previamente se dosifica por medio de un molino en el que se transforma a harina. A su vez, se agregan otros compuestos como el yeso para definir al llamado "Clinker".

6. Calcinación: La harina es introducida en la torre donde se lleva a cabo el proceso de calcinación, se usa equipo especial que suministra un calor que excede los 1400°C.

7. Molienda de cemento: Una vez que el Clinker sale del horno, se muele y se incorporan aún más aditivos con el fin de finalizar el proceso de producción. (Figura 2.10.2)



Figura 2.10.2 Molino tipo bolas

8. Almacenamiento de cemento. Los distintos tipos de cemento son acarreados hasta almacenes desde donde puede ser despachado a granel o en su presentación más común que es en bolsas.

## Fases en la producción de cemento



Figura 2.10.3 Esquematación de producción de cemento

## **2.11 Planta Tula Hidalgo**

La cementera está ubicada en la Ciudad Cooperativa Cruz Azul, ubicada en el municipio de Tula de Allende, Hidalgo. Con una población de poco menos de 6000 habitantes, fue la sede creadora de la mega asociación en que se convirtió posteriormente.

Esta cementera, nacida en 1881, actualmente es fuente de trabajo de al menos 1500 trabajadores cuya residencia también se encuentra dentro de las fronteras de la ciudad cooperativa, sin embargo, esta ciudad que por sí sola llegó a poseer más de 15 mil habitantes para lograr su fundación y asociación a la primera división con su equipo de fútbol, en la actualidad no posee ni la mitad de ellos por la infraestructura y la poca inversión en la misma.

Pese a que ahora, ciudad cooperativa se considera un pueblo fantasma, la cementera sigue siendo una productora activa y conveniente que por día llega a producir más de 7 mil toneladas de cemento para su distribución.

## Capítulo 3

### 3.1 Ampliación de Obra en Planta Cementera

Dada la importancia del cemento en el área de construcción e ingeniería civil por sus propiedades, usos y características vistas con anterioridad, se hace indispensable considerar la expansión de plantas de producción sólida y constante para la obtención de una mejora continua.

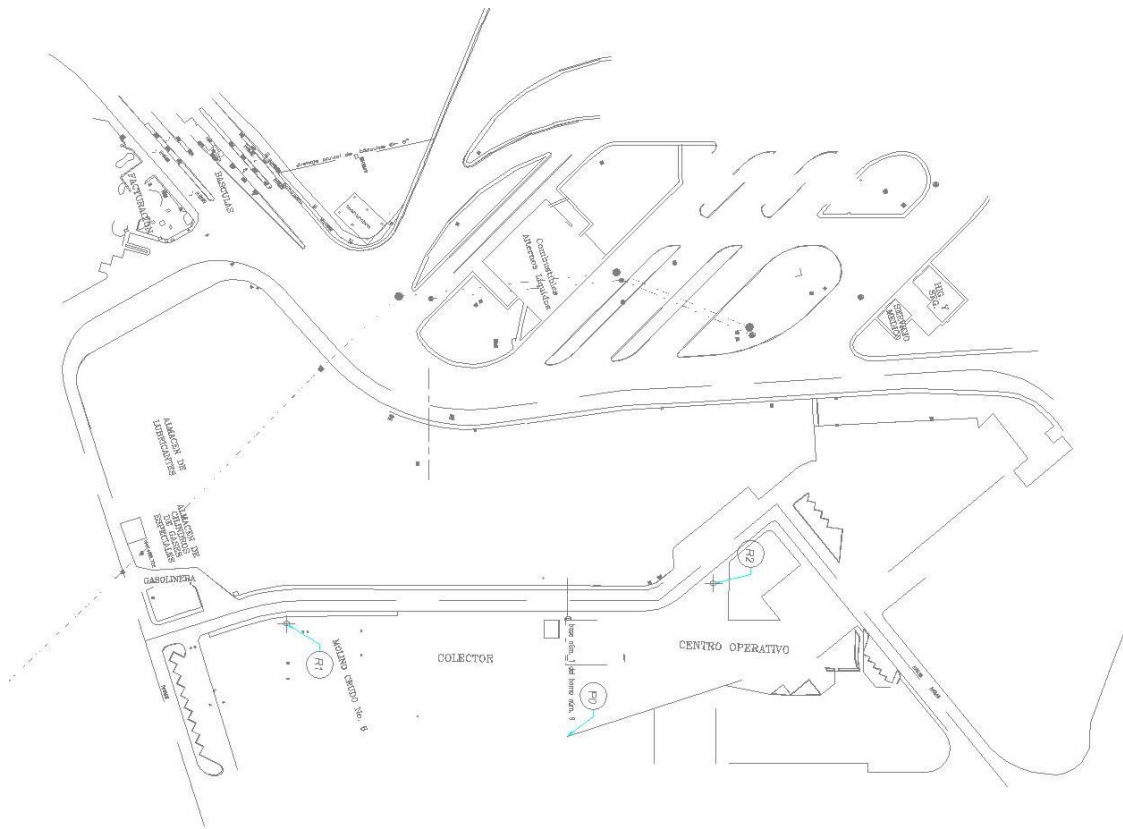
En este sentido, la ampliación de una cementera no solo responderá a una demanda creciente de la industria en que se desenvuelve, sino que también permite optimizar las grandes producciones por medio de un suministro eficiente y sostenible.

La inversión en infraestructura, tecnología y procesos innovadores permitirá lograr este cometido y a largo plazo, por el aumento en la producción, reducirá costos operativos y minimizará el impacto ambiental asociado con la producción del cemento. Además, la implementación de prácticas de extracción y procesamiento de materias primas sostenibles y actualizadas contribuirá a fortalecer la competitividad en un mercado que cada vez es más exigente tanto con productores, como con usuarios.

Para la ampliación y remodelación de la planta cementera, se contrataron brigadas de múltiples disciplinas, donde por medio del trabajo colaborativo se planea calendarizar la llegada al objetivo, entre las brigadas más importantes están las de Topografía para ejecución de obra, estas brigadas están antes, durante y después de la obra, de ese modo se garantiza la correcta ejecución del proyecto.

### 3.2 Trabajos de Levantamiento Topográfico

Mencionaremos que el levantamiento topográfico inicial (**Figura 3.2.1**) no se realizó por parte de un servidor, pero si fue realizado por personas competentes en el área de la Topografía, sabemos que, a partir de este levantamiento, el cual nos indica todo lo existente, se tiene que adecuar, acoplar y ajustar el proyecto de remodelación y ampliación.



*Figura 3.2.1 Plano de levantamiento inicial*

En el plano anterior se puede observar los detalles de infraestructura existentes de la zona norte de la planta, así como las vialidades, casetas de servicio, centros operativos primarios y secundarios, área de combustibles, área de basculas y almacenes de materia prima.

Hacia la parte central es donde una de las fases más grandes va a tener su desarrollo, estamos hablando de la cimentación para el horno rotatorio tipo Clinker, el cual al ser uno de los elementos más importantes para el proceso de fabricación del cemento tipo portland, ya instalado podrá ofrecer casi un duplicado de la producción diaria de cemento.

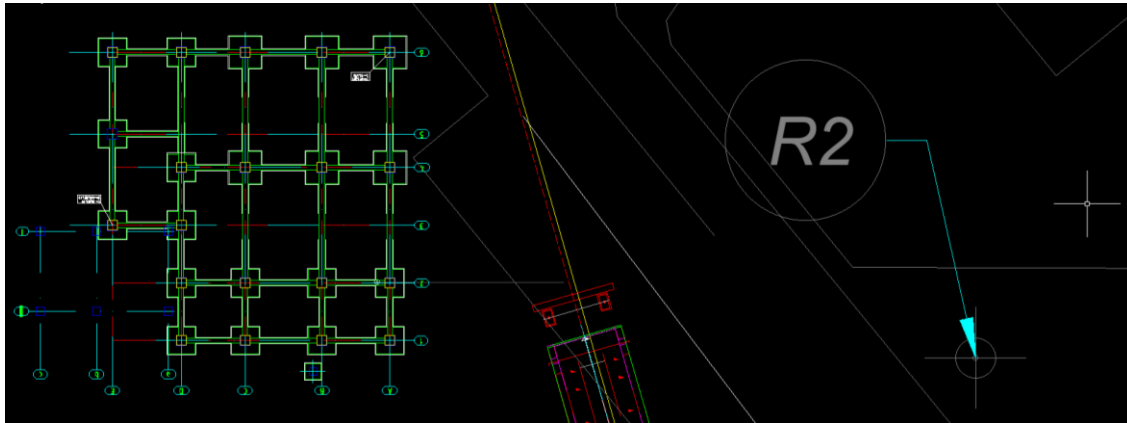
A continuación, se muestra el proyecto de cimentación para las zonas destinadas a la construcción de la fase Clinker. **(Figura 3.2.2)**



*Figura 3.2.2 Planta general de proyecto*

Dentro de esta planta de vista aérea, se encuentran las indicaciones específicas que dan los ingenieros proyectistas, con mucho detalle, entonces es trabajo del Ingeniero Topógrafo a cargo, interpretar junto con otros planos todo el detalle a realizar para la correcta ejecución del trabajo.

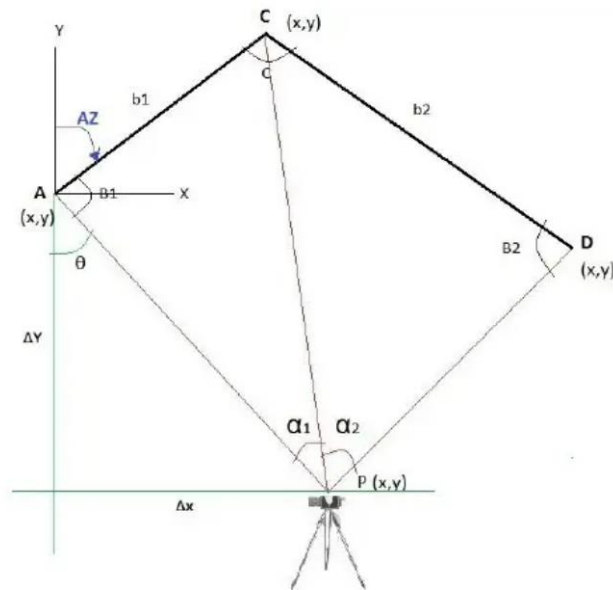
Como fase inicial, se dio un recorrido previo al inicio de los trabajos de campo con el fin de identificar los vértices de control topográfico del levantamiento inicial **(Figura 3.2.3)**, para así poder determinar las zonas más idóneas para establecer las estaciones y poder orientarse correctamente con el equipo topográfico, donde después se haría el trabajo de replantear los ejes de desplante.



*Figura 3.2.3 Esquema de referencia vértice*

Ya identificados los puntos, procedemos a realizar la verificación, utilizando el método de orientación por trisección.

La trisección es un método topográfico en donde para conocer la posición de un punto basta con obtener las medidas de los ángulos que lo conforman. Si las observaciones se hacen desde puntos de coordenadas conocidas se llaman intersecciones directas, y si se hacen desde el punto cuyas coordenadas se quieren determinar, se llaman inversas; y en ambos casos tenemos intersecciones simples y múltiples, dependiendo del número de puntos a determinar. Nos centraremos en el de intersección inversa simple e intersección inversa múltiple. Para el caso de intersecciones inversas simples; el número de puntos a hallar es uno, y se necesitará tres puntos con coordenadas conocidas como mínimo para poder determinar la posición. Para el caso de intersecciones inversas múltiples; sirve para hallar varios puntos, y se necesitará al menos tres puntos con coordenadas conocidas. Mostraremos gráficamente ambos casos antes mencionados. **(Figura 3.2.4)**



*Figura 3.2.4 Esquema de trisección simple*

En caso de detectar diferencias o discrepancias muy grandes, por ejemplo, de 0.005 m, se da aviso a la organización de supervisión mediante un formato larguero de tipo reporte, se habla de error grande porque en este tipo de trabajo se necesita precisión milimétrica, es decir aproximadamente 0.001 m, si esto no se cumple se corre el riesgo de que algún ensamble de piezas futuras no acople perfectamente.

Como brigada de topografía es nuestra total responsabilidad llevar un trazo correcto y limpio para cimentar (en esta primera fase), toda la infraestructura que será el soporte para las mega estructuras que se instalarán después a futuro. **(Figura 3.2.4)**

El equipo utilizado es muy variado, pero lo indispensable en esta clase de trabajos es:

- Estaciones totales de hasta un segundo de precisión
- Niveles fijos automáticos con miras invar

Que son determinantes en la entrega de precisiones altas y en el trabajo de la minimización de errores naturales o accidentales.



*Figura 3.2.4 Verificación levantamiento en acero*

Con respecto a los reportes elaborados por el área encargada de la Topografía, se tenían que realizar de la siguiente manera; primero identificar la zona en la que se trabajó, anexando una parte del plano que representa los trabajos, por ejemplo, el trabajo del levantamiento de trazo, seguido de esto, se debe incluir la fotografía de la zona correspondiente a esa parte específica del trazo y que posteriormente se integra en los reportes.

La zona de trazo representada era extraída de los planos generales, y debía contener los mismos elementos que el levantamiento inicial, era posible resaltar capas importantes o símbolos que ayudaran en la localización.

De este modo se logra una identificación más rápida del sitio, y por lo tanto el trabajo del trazo o marcaje se realiza más rápido. **(Figura 3.2.5)**

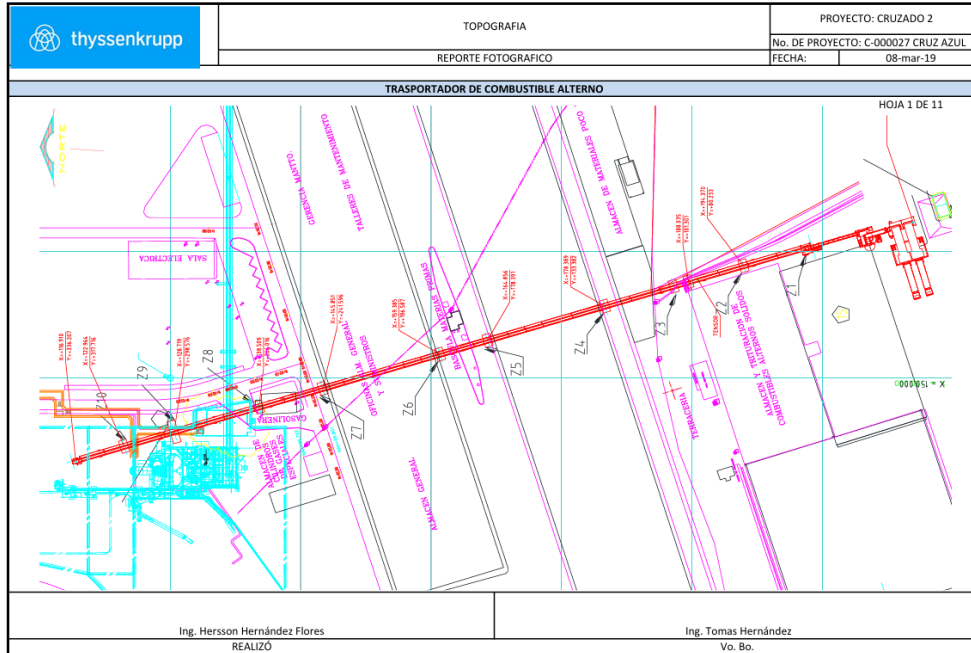


Figura 3.2.5 Reporte de trabajos (Segmento de plano)

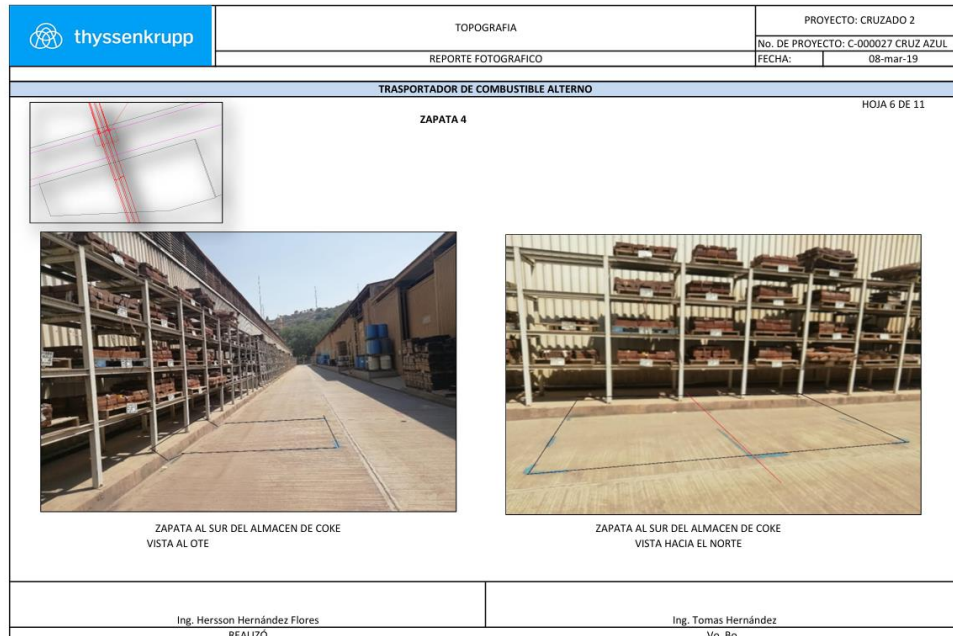


Figura 3.2.6 Fotografía panorámica de la zona

En la **figura 3.2.6** se puede observar que las fotografías deben ser tomadas de forma un tanto panorámica, para que se aprecie lo que podría estorbar o ayudar en el proceso de ejecución de los trabajos, además de que también debe observarse la zona del trazo, este mismo trazo debe identificarse en la parte superior de la hoja del reporte, para tener mejor vista y poder tomar mejores decisiones.

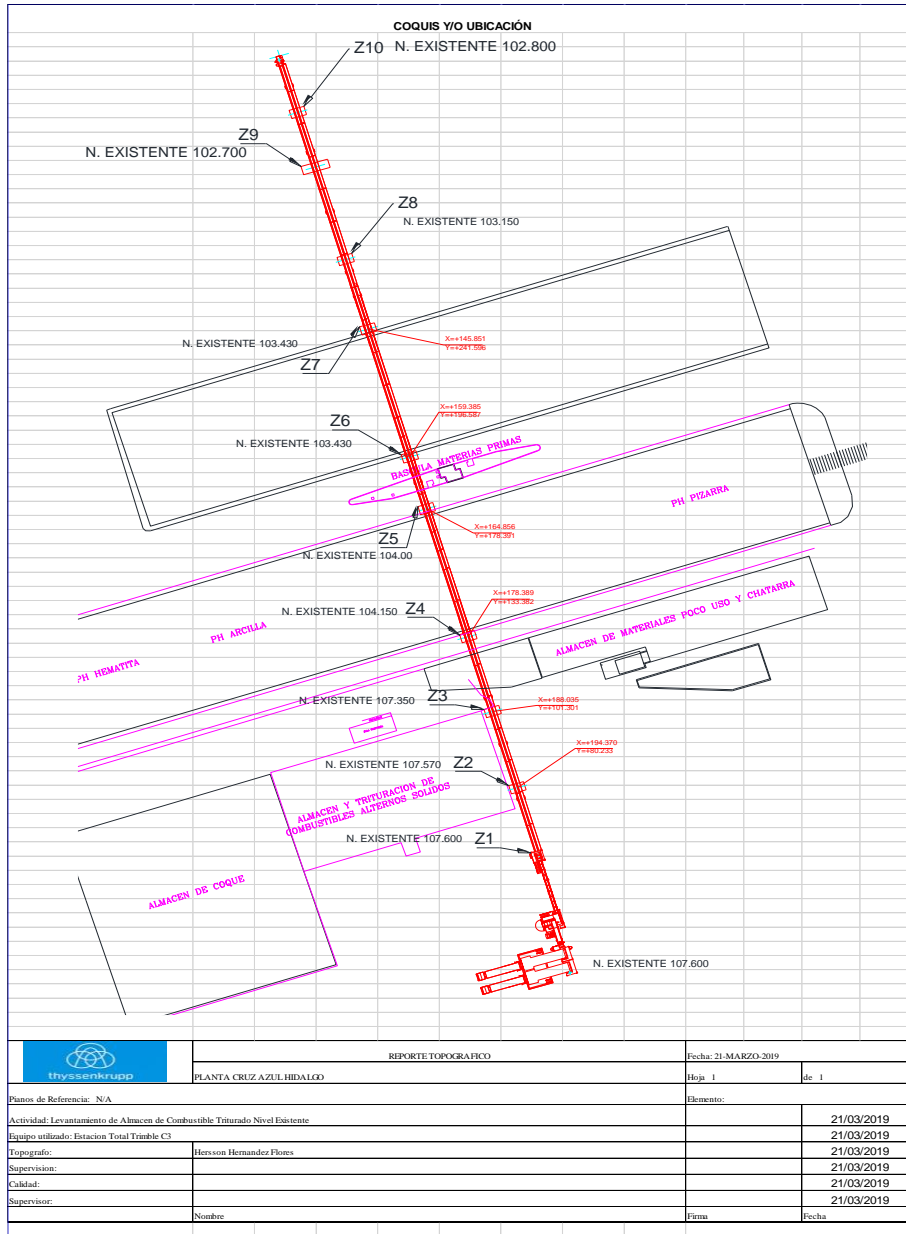


Figura 3.6.7 Croquis

Los reportes deben estar elaborados y organizados de tal manera que cuando cualquier persona requiera la información, desde el área de construcción en sus distintas secciones hasta el área de supervisión, esta pueda estar justo al alcance y al momento para su comprensión y análisis. Además de que se tiene que notificar a todas las áreas involucradas, como las supervisiones internas y externas, las visitas, o cualquier contingencia que pudiera surgir.

Cabe mencionar que, por ser una obra de gran magnitud, interfieren muchas especialidades y por lo tanto muchas personas, las brigadas de construcción y de topografía son numerosas gracias a la importancia y grado de los trabajos que se planean ejecutar, y la información tiene que ser cuidadosamente comunicada. Aunque siempre es de esperar algún error o problema no significativo, el responsable en el momento deberá saber cómo resolverlo y por supuesto notificar a las demás áreas que están involucradas durante esto para que posteriormente no sea un error que se arrastre y haga, por consecuencia, que se vuelva más grande.

Las siguientes imágenes o esquemas muestran un ejemplo de cómo se comparte la información de brigadas de Topografía. **(Figura 3.6.8 y figura 3.6.9)**

**cimesa** MEGATOPOGRAFIA, S.A. DE C.V.  
 + precisión para el proyecto

OBRA: CD. COMP. CRUZ AZUL HGO. a 1 De ENERO de 2019

ENTREGA-RECEPCION DE PUNTOS DE CONTROL PARA TRAZO Y NIVELACION GENERAL DE LA OBRA

PUNTO DE CONTROL: B1 X= 150.000, Y= 300.000 Z= 102.971

PUNTO DE CONTROL: B2 X= 135.007 Y= 456.150 Z= 102.221

BANCO DE NIVEL DE OBRA: \_\_\_\_\_

CROQUIS

Entrega Topografía CLIENTE (nombre y firma)  
FRANCISCO PACHECO GONZALEZ

Recibe Topografía SUPERVISION (nombre y firma)  
Mauro Francisco Lopez B

Vo. Bto. Residente CLIENTE (nombre y firma)  
RODRIGO CALDERON GONZALEZ

Vo. Bto. Ingénieur de obra CIMESEA (nombre y firma)  
Adolfo B. GONZALEZ

Recibe Topografía CIMESEA (nombre y firma)  
Y. MORALES

Figura 3.6.8 Croquis de referencia para PC

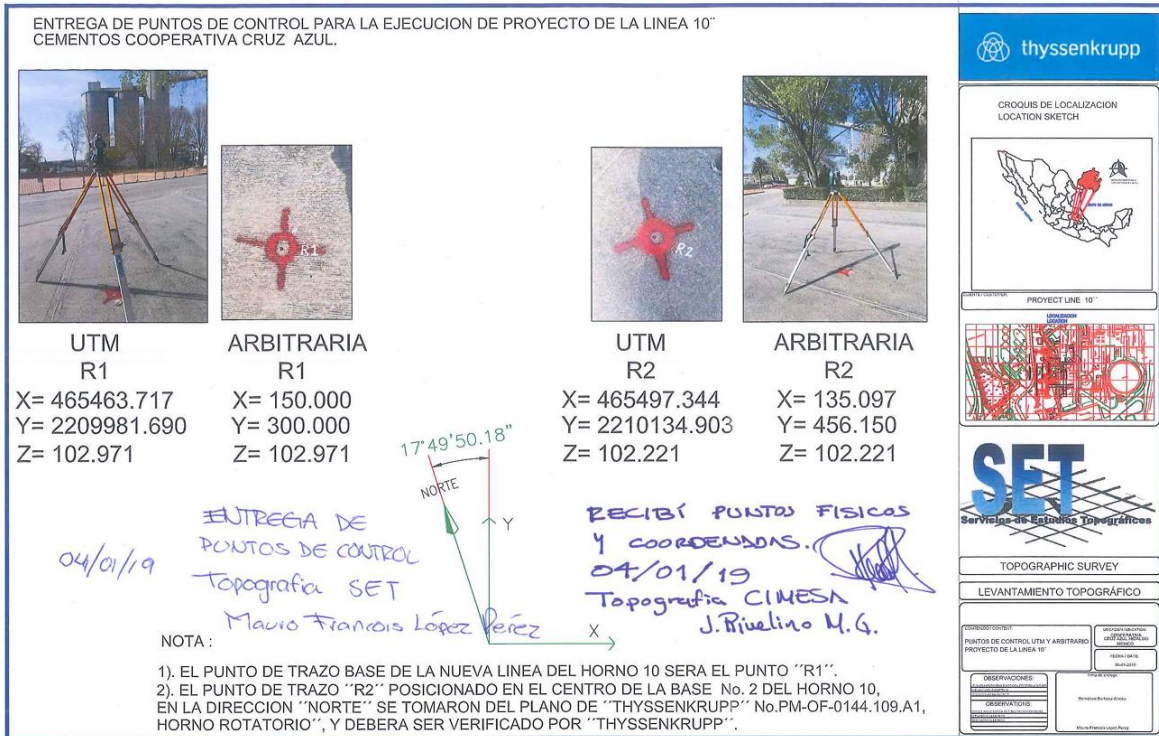


Figura 3.6.9 Coordenadas para PC

En las imágenes anteriores se muestran los esquemas para entrega de Puntos de Control, los cuales son de vital importancia para:

- Referenciar. Donde se establece relación en los puntos topográficos levantados, es decir, que estén en un sistema coordenado conocido y que las medidas y ubicaciones sean precisas.
- Comparar. Para el análisis de diferencias entre los datos actuales y otros que se hallan hecho con anterioridad.
- Establecer otros puntos. Cuando se necesitan colocar puntos adicionales a partir de los de referencia para expandir la red de levantamiento a un área mayor.
- Densificar. Tiene relación con el punto anterior y su propósito es agregar más puntos, generalmente intermedios, en el levantamiento. Usualmente para agregar detalles o especificar accidentes que existen en el área y que sean

de utilidad en el proceso de gabinete para la visualización gráfica de los modelos en AutoCAD u otros softwares.

- Ligar. Que es el proceso en que se conectan los puntos de referencia a una red establecida fija y oficial, como las redes geodésicas de INEGI para asegurar mantener una continuidad en las mediciones.

Todo con relación a levantamiento o replanteo; esto es porque, aunque suene repetitivo o muy simple para otros, el Ingeniero responsable debe tener bien claro donde es la ubicación de esos puntos ya mencionados, pues es una tarea fundamental para la ejecución posterior de otras áreas, y es en esto en que la topografía se vuelve una tarea de análisis práctico sumamente relevante.

Para la primera imagen solo se representa la ubicación en un croquis a mano alzada con referencia de norte para que puedan ser ubicados, además contienen nombres y firmas de los responsables de obra, para la segunda imagen se muestran ya de manera más específica y con fotografías esos puntos a detalle, y contienen la información de coordenadas de acuerdo a las normas de procesos de construcción, estas están en sistema WGS84 UTM y también están en coordenadas arbitrarias.

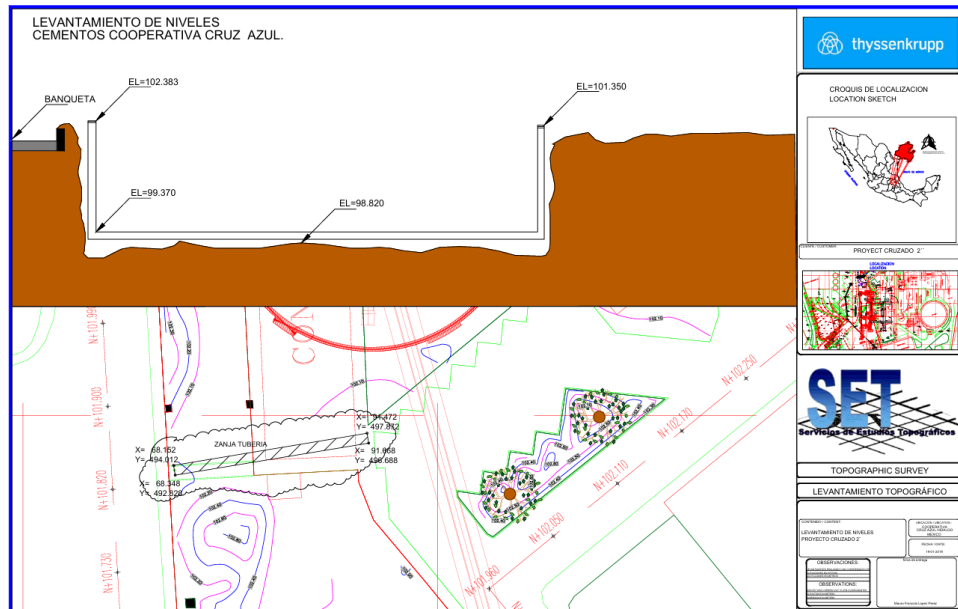
Se utilizan los dos sistemas sin problema alguno, ya que para la operación interna del ingeniero responsable resultan más rápidos los procesos, es decir, al tener menos números es más fácil y rápida la captura de la información, los cálculos e incluso el dibujo. Pero esto solo es para control interno, entonces cuando se elaboran planos definitivos que son entregables a las dependencias correspondientes como los "as built", ya se tiene que incluir la coordenada de georreferencia UTM.

Exactamente lo mismo sucede con las coordenadas en Z o de elevación, pues resulta más práctico trabajar con las alturas o cotas arbitrarias en los trabajos de nivelación, por ejemplo, y luego pasar al sistema de alturas elipsoidales u ortométricas.

Es posible también realizar una combinación de croquis y planos en nuestros documentos de control, como ya menciono anteriormente, el objetivo es ser lo más

claro posible para los equipos involucrados e incluso que cualquier persona que no sea afín a la Topografía pueda identificar y entender lo que dice dicho documento.

A continuación, se muestra un ejemplo de esa combinación. **(Figura 3.6.10)**



*Figura 3.6.10 Croquis sobre plano para niveles de zanja*

Como todos los trabajos topográficos, ya teniendo información correcta de lo existente, ya podemos modificar, proponer o replantear lo que según el proyecto nos indique.



*Figura 3.6.11 Panorámica de ampliación torre*

### **Torre Precaentador**

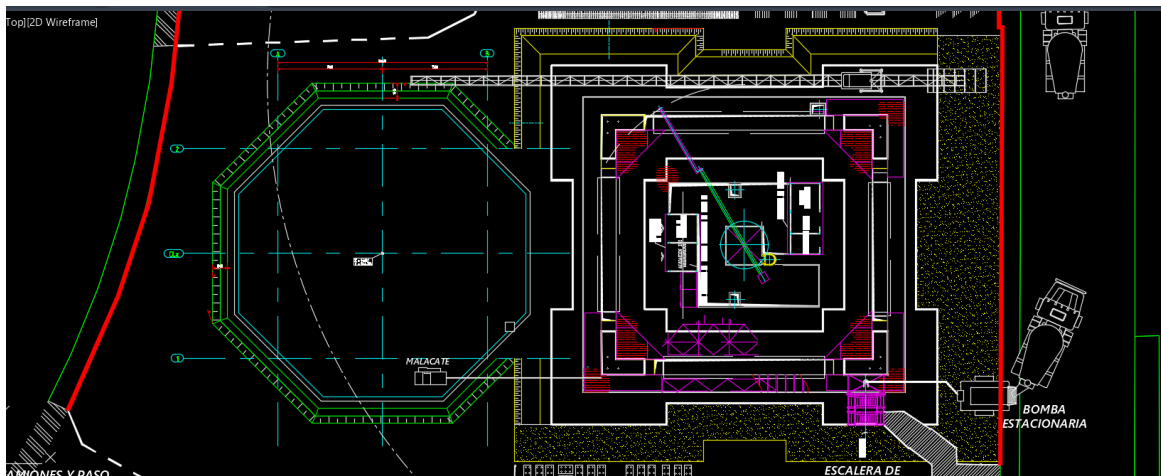
La estructura del horno precalentador es uno de los más grandes y notables dentro de las cementeras, ya que se trata de una torre, alta, con ductos que ponen en contacto la materia prima con los gases residuales del horno. Incluso en las plantas modernas, esta sobresale por encima de otro tipo de estructuras.

Este horno precalienta de  $0^{\circ}$  a  $1000^{\circ}$ , la función del edificio es precalentar el material o materia prima del molino de crudo de para que el horno lo pueda fundir en el momento y proceso adecuado, todo esto antes de entrar al horno. **(Figura 3.6.12)**

A pesar de su tamaño, su diseño básico era muy simple: imaginen una gigantesca estantería, con entrepaños de 18 x 30 m, y estantes o gabinetes de 17 m de altura, soportada en 6 postes exteriores y uno interior, su estructura también era sencilla, pero muy laboriosa, por estar sus losas llenas de huecos para el de paso de tolvas y ductos. Por las especificaciones, las sus columnas forzosamente eran de secciones grandes, algunas hasta de 100 x 200 cm.



*Figura 3.6.12 Cimentación de torre pre calentadora*



*Figura 3.6.13 Layout vista de planta*

La cimentación (forma cuadrada en el plano de la figura) de la torre precalentador lleva pilotes con profundidad de 20 metros a partir del NPT.

Los pilotes de cimentación son uno de los elementos fundamentales para asegurar que la estructura a montar mantenga una estabilidad amplia en obras de gran envergadura como la de estas torres de hornos.

Los pilotes, son elementos en forma de columna que transfieren cargas de una estructura, a capas más resistentes del suelo. El implementarlo de forma correcta es importante gracias a que cuando el terreno del área a trabajar no tiene la estabilidad necesaria y no se incluyen estos pilotes, puede haber accidentes grandes o causar que el periodo de vida de la estructura disminuya exponencialmente.

Estos pilotes pueden estar contruidos con acero, concreto, madera, etc. Y tener diversas formas como las cilíndricas o hexagonales.

La transferencia de carga a través de los pilotes de cimentación se da en las siguientes formas:

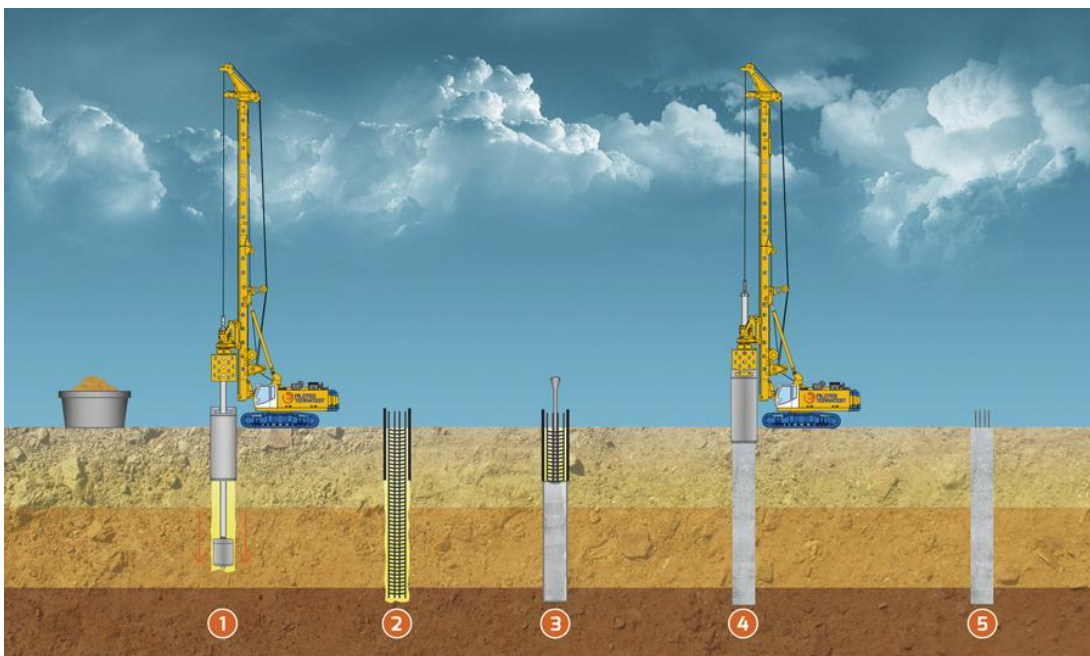
- Por rozamiento: La carga se transfiere a través del contacto entre el pilote y el suelo del área.
- Por medio de la punta: En el que la punta se introduce hasta las capas más sólidas del suelo, lo que da un soporte directo y donde la trasmisión de cargas se hace verticalmente en estratos profundos.
- Transmisión por ambos métodos: La carga se transfiere tanto por rozamiento a lo largo de la superficie lateral del pilote como a través de la punta de este. Este doble mecanismo de transmisión garantiza una distribución de carga más eficiente y optimizada.

“Los pilotes cimentaciones profundas (**Figura 3.6.14**) se emplean en una variedad de situaciones en la construcción, especialmente cuando las condiciones del suelo presentan desafíos que requieren un soporte adicional y una distribución eficaz de las cargas estructurales.” (S., 2006, pág. 18) Algunos escenarios en los que se utilizan incluyen:

- Edificios con cargas concentradas, como es el caso de los puentes.
- En cimentaciones usuales como losas o zapatas.
- Cuando gracias a la capacidad del suelo las cargas de un edificio no se transfieren como deberían.

- En áreas de gran variación temperamental, como aquellas donde se dan arcillas expansivas como zonas de regiones áridas y semiáridas.
- Cuando los cimientos sufren esfuerzos de tracción o cargas inclinadas, como la contención de muelles, muros de contención o puentes colgantes.
- Cuando la edificación se encuentra sobre un cuerpo de agua, como el caso de plataformas petroleras, islas artificiales o termas.

En ocasiones, es necesario reforzar los cimientos existentes para mejorar su capacidad de carga, garantizar una mayor estabilidad o prevenir posibles movimientos en la estructura, y los pilotes suelen ser una opción común y eficaz para llevar a cabo esta tarea.



*Figura 3.6.14 Esquema de pilotaje en cimentación profunda*

El control topográfico se lleva básicamente con verificación de:

- Revisión de ejes y niveles
- Trazo de ejes y niveles
- Alineaciones y nivelaciones (**Figura 3.6.15 y figura 3.6.16**)

Trabajo que implica el uso de instrumentos topográficos como niveles automáticos, digitales y varas de nivelación.

Por ejemplo, la vara de nivelación se coloca a lo largo de los puntos importantes del proyecto y el instrumento mide las distancias verticales entre estos puntos.

Cuando recopilamos datos de alturas, el levantamiento topográfico de metodología directa como es el caso de la nivelación permite a los topógrafos en gabinete la creación de mapas de contorno detallado, es decir con curvas de nivel, que representan la forma y relieve del lugar.

Para asegurar mediciones precisas y confiables durante un levantamiento topográfico, es esencial seguir un enfoque sistemático. Los siguientes pasos descritos por Ghilani (2012) describen el proceso:

1. Configuración y colocación del instrumento. Asegurando el correcto posicionamiento y calibración del equipo con la burbuja incorporada al mismo o, de ser el caso, con la pantalla digital. Este paso es esencial cuando recordamos que, de no nivelar correctamente el aparato, puede haber un error importante que se aplicara a la elevación de todas las cotas leídas.
2. Usar una referencia con cota conocida. Usualmente se implementa el uso de bancos de nivel establecidos con anterioridad o de aquellos definidos por INEGI en su red geodésica pasiva, que contiene información de coordenadas y alturas referenciadas al nivel medio del mar.
3. Selecciona y marca las estaciones de levantamiento a lo largo de tu sitio de proyecto. Aquí se eligen estaciones con visibilidad entre sí, y de características distintivas que facilitan la identificación de los puntos a usar. No existe una norma que indique cuantas estaciones debemos usar, esto depende del tamaño del proyecto, de la complejidad del área y de los elementos que pueda interferir en el mismo.
4. Coloca la vara de nivel o estadal firmemente en el suelo en cada estación de levantamiento. Es importante que el estadal que usamos este siempre firmemente colocado y plomeado para asegurar la verticalidad y que las lecturas hechas con el nivel sean lo más precisas posibles.

5. Usando el nivel, obtén las lecturas del estadal en cada estación. Se toma la lectura del estadal de manera centimétrica y de ser posible milimétrica para plasmarla en nuestro reporte y que facilite los cálculos posteriores.
6. Obtén las lecturas registradas y determina la altura de cada estación de levantamiento usando la referencia principal como punto de base. Mediante un cálculo matemático sencillo resta la elevación de la referencia principal de cada lectura para calcular la elevación relativa de cada estación correspondiente.
7. Vaciado de información en un plano. Ya con las cotas obtenidas, se elabora el mapa de curvas de nivel en que los puntos de igual elevación se conectan a través de líneas y proporcionan una representación visual similar del terreno.



*Figura 3.6.15 Revisión de nivel y alineamiento en excavación*



*Figura 3.6.16 Paso de niveles para anclas*

Además de la cimentación para el edificio de precalentado, se realizó el armado de acero inicial para la cimentación octagonal para el silo de harinas.

El silo es el almacén principal de la materia prima de polvos, y el cual también alimenta a la torre precalentadora.



*Figura 3.6.17 Control de cimbra para cimentación*

Entendiendo como cimbras a los elementos para el soporte de cargas en una estructura de hormigón, como es en el caso de puentes, arcos, etc. El sistema para su colocación (Figura 3.6.17) consiste en la construcción de torres formadas por acero, unidos a través de cruces de diagonal doble. Gracias a que se componen de elementos de resistencia alta, estas estructuras se pueden armar en poco tiempo para soportar cargas de toneladas de peso. Los elementos de una cimbra son: Bastidores tipo standard, bastidores telescópicos, diagonales, husillos y arrojamiento.

Cada una de las cimbras usadas en los proyectos está diseñada de acuerdo con el tipo de obra y donde se instalará, y se avala por un especialista en la materia. Este proceso, lleva consigo una serie de elementos indispensables que son los siguientes.

1. Memoria descriptiva. Que incluye el detalle de los componentes de la cimbra, especificaciones de montaje y carga necesarias para avalar su ejecución.
2. Estudio de mecánica de suelos. Para conocer la capacidad portante del mismo. Si no reúne las características, podrá reforzarse o aun si no es viable es posible armar cimbras especiales.
3. Limpieza en zona de trabajo. Despalme de la zona y preparación respecto a elementos orgánicos.
4. Revisión de escurrimientos. Es necesario que el recinto no acumule agua o se tendrán que colocar cimbras especiales.
5. Preparación de zapatas. En que las torres cargaran esfuerzos con respecto al terreno.
6. Incorporación de tablonces de madera de 200x75 mm para el apoyo de husillos inferiores de la cimbra. Si el terreno es ideal solo se usa un solo entramado de tablonces.
7. Trabajo de replanteo de acuerdo con el proyecto. Fase de control topográfico para la cimbra. En la que se efectúa la medición topográfica del terreno respecto a las cotas previstas. De no coincidir se ajustan respecto a los valores de planos definitivos. (Figura 3.6.18)



Figura 3.6.18 Segunda fase de cimentación

8. Comprobación de que husillos y tubos estén en buenas condiciones. Se comienza por la construcción de las torres de acuerdo con los planos, colocando primero que los husillos inferiores estén nivelados y no sobresalgan.
9. Construcción de las torres y estructuras. Se colocan los husillos en un plano horizontal, en el que luego se posan los tubos verticales, las diagonales y pasadores. Según el diseño, se realizan refuerzos.
10. Montaje de cimbra (ejecución y encofrado). Se comprueba la calidad del terreno, asegurando que la cimbra se halle posicionada de forma vertical y se verifica la estabilidad de refuerzos además de la geometría del tablero. Guardando los controles de recepción de elementos de cimbras, arriamientos, correas de encofrado, etc.

11. Descimbrado: Se lleva a cabo cuando el hormigón alcanza la resistencia adecuada para soportar esfuerzos, solo se recomienda no hacerlo durante condiciones de helada para garantizar que las juntas se muevan libremente.



Figura 3.6.19 Control vertical de cuerpos cimbra

## **CONCLUSIÓN**

En el ámbito de infraestructura, la ingeniería topográfica es una rama esencial para poder desarrollar estos proyectos de forma adecuada, precisa y alineada a las normas indicadas en nuestro país. Cuando hablamos de topografía, no solamente hablamos de mediciones, sino un control que se vuelve estricto desde los inicios de los trabajos hasta el final de estos.

La presente tesis, ha abordado de forma integral cuán importante se vuelve el control topográfico en proyectos de este tipo como lo es la ampliación de la infraestructura de la planta cementera en Tula de Allende, Hidalgo. A lo largo de la misma, se ha demostrado que un adecuado control no solo garantiza la precisión de la ejecución de las obras, sino que también ayuda en la optimización de tiempo y recursos y minimiza los riesgos relacionados a posibles errores.

Este estudio no solo contribuye al desarrollo de la infraestructura local, también sirve para conocer como es el campo de la topografía aplicada al campo de la industria y promueve practicas más eficientes y sostenibles en la construcción, indicando que técnicas y conocimientos se han de saber para llevarlos a cabo.

## BIBLIOGRAFÍA

- azul, C. (2005). *Historia de la Cooperativa La Cruz Azul*. Ciudad de México: Editorial cruz azul.
- BECOSAN. (Enero de 2020). *BECOSAN*. Obtenido de BECOSAN: <https://www.becosan.com/es/ques-el-cemento-en-la-construccion/>
- Britannica, E. (18 de octubre de 2024). *britannica*. Obtenido de britannica: <https://www.britannica.com/science/coordinate-system>
- Castañeda, R. R. (2005). *PROFMEX*. Obtenido de PROFMEX: <https://www.profmex.org/mexicoandtheworld/volume10/4fall05/La%20Cruz%20Azul.htm>  
|
- Digital, M. (27 de abril de 2022). Así es la planta cementera de Cruz Azul en Tula donde ocurrió un enfrentamiento. *MILENIO*, pág. 1.
- Edu.lat. (s.f.). *edu lat*. Obtenido de Edu lao: <https://definicion.edu.lat/definicion/remodelacion.html>
- Electoral, I. N. (2017). *Reporte sobre financiamiento irregular en campañas*. Ciudad de México: INE.
- Gardey., J. P. (Febrero de 2024). *definición* . Obtenido de <https://definicion.de/remodelacion/>
- Gatza. (julio de 2023). *Gatza casa de construccion construrama*. Obtenido de GATZA: <https://gatza.mx/la-importancia-del-cemento-en-una-construccion/>
- Ghilani, C. D. (2012). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Upper Saddle River, NJ.: Pearson.
- GLOBAL, G. (2022). *edugcf*. Obtenido de edugcf: <https://edu.gcfglobal.org/es/aplicaciones-de-la-matematica/las-coordenadas-geograficas/1/>
- González, J. (2018). *La Cooperativa Cruz Azul: Entre el éxito y la controversia*. Ciudad de México: Ediciones reforma.
- GUEVARA, G. G. (Junio de 2007). *REDISEÑO DEL REDUCTOR PRINCIPAL DEL HORNO DE LA EMPRESA CEMENTOS SELVA ALEGRE*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/341/1/CD-0749.pdf>
- IBM. (2023). *International Business Machines Corporation*. Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/docs/en/informix-servers/12.10?topic=data-geographic-coordinate-system>
- IGN. (2020). *INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL*. Obtenido de INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/GDS-Teoria-Geodesia.pdf>

- Kraak, M. J. (2010). *Map Design: A Guide to the Principles of Effective Cartographic Communication*. Londres: CRC Press.
- Kramers, A. J. (2001). *Eratosthenes: The Great Geographer*. Chicago: Chicago Press.
- Martínez, F. (2020). *Construcción de estructuras: Cimbra y encofrado*. . México: McGraw-Hill.
- Mehta, P. K. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. New York: McGraw-Hill.
- Neville, A. M. (2010). *Properties of Concrete*. Londres: Longman.
- Oca, M. d. (1989). *Topografía*. México: ALFAOMEGA.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de información geográfica* .
- RAE. (S.F). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española:  
<https://dle.rae.es>
- S., T. A. (2006). *In Deep Foundations: Load Testing, Analysis and Design*. Reston: VA.
- Sanchez, A. (2009). *Cartografía: Teoría y práctica*. Madrid: Editorial Universitaria.
- Torices, A. (11 de Marzo de 2024). *Aceros torices*. Obtenido de Aceros torices:  
<https://acerstorices.com/blog/pilotes-de-cimentacion-que-son-como-funcionan-y-tipos/>
- Torre, A. (2018). *Geografía y Cartografía en la Antigüedad. En La Geografía a Través de la Historia*. Madrid: Ediciones Akal.