

UNIVERSIDAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DESCARTES

COLOCACIÓN DE CONCRETO EN LAS
CIMENTACIONES DE LAS TURBINAS DE GAS DE
LA CENTRAL TERMoeLECTRICA EVM II

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

MÉNDEZ PÉREZ ERVIN ELMAR

ASESOR

DR. JOSE RAFAEL GUZMAN MONZON

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS; ABRIL 202



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONCLUSIÓN

INTRODUCCION

CAPÍTULO 1	1
1.1 MARCO CONTEXTUAL.....	1
1.1.1 Ingeniería Civil	1
1.1.2 Ingeniería Civil en México	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.3 JUSTIFICACIÓN	9
1.4 OBJETIVOS.....	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
CAPÍTULO 2	11
2.1 MARCO TEÓRICO	11
2.2 Ubicación	11
2.3 Electricidad	11
2.3.1Centrales eléctricas.....	12
2.3.2Tipos de centrales eléctricas.....	13
2.4 Las centrales termoeléctricas de ciclos combinados.....	16
2.5 Centrales termoeléctricas en México	16
2.6 Componentes de las centrales de ciclo combinado	17
2.6.1Turbina de gas.....	17
2.6.2Turbina de vapor.....	18
2.6.3Caldera HRSG	19

2.6.4	Generador eléctrico	19
2.6.5	Transformador	20
2.6.6	Condensador enfriado por aire	20
2.6.7	Tratamiento de gas	21
2.6.8	Tratamiento de aguas residuales.....	22
2.6.9	Bomba de agua de alimentación	23
2.7	CIMENTACIONES.....	24
2.7.1	Cimentación	24
2.7.2	Tipos de cimentaciones	25
2.7.2.1	Cimentaciones	superficiales
	25
2.7.2.2	Cimentaciones	profundas
	27
CAPITULO 3	28
3.1	METODOLOGÍA O PROPUESTA A IMPLEMENTAR	28
3.2	Observaciones del colado de cimentaciones de las turbinas de gas de la central termoeléctrica EVM II.	28
3.3	Especificaciones del proyecto para colocación de concreto para las cimentaciones de las turbinas de gas de la central termoeléctrica EVM II.	29
3.3.1	Materiales	29
3.3.2	Mezclas	29
3.2.3	Aditivos	32
3.4	PRELIMINARES DE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO.....	33
3.4.1	Autorización de colado	33
3.5	ANTES DE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO	36

3.6 DURANTE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO	40
3.7 Recomendaciones para colocación de concreto en clima caluroso	42
3.8 Otras recomendaciones para colocación de concreto.....	42
3.9 Métodos de curado.....	43
3.10 Remoción de cimbra.....	45
CAPITULO 4	46
4.1 RESULTADOS Y EXPERIENCIAS	46
CONCLUSIÓN.....	51
ANEXOS	53
BIBLIOGRAFÍA	55

INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto corresponde a la tesina “Propuesta en el procedimiento de colocación de concreto en las cimentaciones de las turbinas de gas de la Central Termoeléctrica Energía del Valle de México (EVM II)”.

Hoy en día es muy común escuchar los problemas que se generan en el proceso de construcción de cualquier obra y con mayor frecuencia e importancia de la cimentación, en la que se requiere de estructuras fundamentales con la función de soportar y dar estabilidad a cada tipo de edificación, vivienda social, puentes, túneles, plataformas y hasta las grandes obras de infraestructura.

Debido a la demanda de energía eléctrica de cualquier ciudad, región o país, se elaboran proyectos para la generación de electricidad como son las: centrales hidroeléctricas, térmicas, geotérmicas, nucleares, mareomotrices, eólicas, fotovoltaicas, entre otras.

En esta tesina hablaremos de las centrales termoeléctricas de ciclo combinado de gas natural, en las que se genera electricidad a partir del calor producido mediante el uso de gas natural, el cual produce una combustión y logra hacer funcionar las turbinas de gas. Posteriormente existe un recuperador de vapor acoplado para hacer funcionar una turbina de vapor, y así completar el ciclo combinado.

Uno de los aspectos más importantes de la formación de un ingeniero civil, es la de aportar propuestas de solución, las que se presentan primero con identificar y comprender el problema que se busca resolver, en seguida el estudio de una propuesta de solución, lo que significa presentar una idea propia del problema para poder resolverlo.

Una forma de aportar a la sociedad y servir al sector de construcción es la de estudiar y presentar propuestas de solución de problemas que se generen en la construcción de una obra, en este caso, el problema es la colocación del concreto en la Central Termoeléctrica EVM II. Considero que solucionar este problema traerá múltiples beneficios que se

describirán en adelante. Así también expondré una breve reseña de la historia de la electricidad y de las diferentes formas de generar energía eléctrica en el mundo; de los antecedentes de la electricidad en México; de las obras realizadas en el sector de la construcción en el país y la ubicación de las centrales eléctricas de ciclos combinados en la región

CAPÍTULO 1

1.1 MARCO CONTEXTUAL

1.1.1 Ingeniería Civil

La Ingeniería Civil es la rama de la ingeniería que se dedica exclusivamente a diseñar, construir y proporcionar mantenimiento a infraestructuras tales como autopistas, puentes, canales, represas, vías de ferrocarriles, aeropuertos, diques, entre otras, es decir, se ocupa fundamentalmente de desarrollar proyectos hidráulicos y de transporte de gran importancia y que corresponden al orden público normalmente (Ucha, 2013).

Junto con la Ingeniería Militar, la Civil es de las ramas más antiguas y tradicionales de la Ingeniería, en tanto, la misma se ha dividido en diversas disciplinas como son: Geofísica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería de Transporte, Ingeniería del Urbanismo, Ingeniería Hidráulica, Agrimensura, entre las más destacadas.

Se tienen registros realmente milenarios de la práctica de esta actividad. En la Mesopotamia y en el Antiguo Egipto se comenzó a emplearse, a raíz de la necesidad del ser humano, de construirse una vivienda para guarecerse y protegerse, cuando decide abandonar la vida itinerante. También por la necesidad de trasladarse de manera más sencilla y cómoda, desencadenó que el hombre se preocupara por generar proyectos para la construcción de caminos. Y sin lugar a dudas, si tenemos que mencionar un ejemplo de construcciones colosales, se destacan las Pirámides de Egipto.

Entre los siglos XIX y XX llegaron mejoras y avances en los instrumentos de medición y en los cálculos matemáticos que terminarían por perfilar a la Ingeniería Civil moderna.

Al individuo que se desempeña en esta rama de la Ingeniería se lo denomina como ingeniero civil y podrá ejercer como tal, una vez que haya cumplido satisfactoriamente con el curso de la carrera de Ingeniería en la universidad. Cabe destacarse que

dependiendo del área de interés en la materia podrá especializarse en algún campo específico.

Respecto al campo laboral del ingeniero civil a su egreso, es realmente variado ya que pueden emplearse en la Administración Pública o en el ámbito privado, ya sea trabajando en dependencias del gobierno municipal, estatal o federal, o bien en consultorías, laboratorios, docencia y en grandes empresas constructoras, respectivamente.

1.1.2 Ingeniería Civil en México

El ser humano, por su necesidad natural de bienestar, ha buscado mejorar su entorno por medio de un sinnúmero de actividades y trabajos, que modifican al medio natural. Sin embargo, dicha labor representa múltiples problemas para el hombre, aunque también significa la posibilidad de abrir nuevos horizontes, generar conocimientos y al mismo tiempo demuestra que la capacidad del ingenio humano no tiene límite (Azael Fernando Mendoza Tovar, 2018).

Aterrizando estos conceptos al medio local, hay que tener presente que México es un país lleno de contrastes, donde existen grandes problemas económicos, políticos, y culturales; aunque es apropiado reconocer los significativos avances que ha tenido en cada uno de esos rubros y ha sido pionero en otros más, pero éste no es el punto central de este ensayo.

Uno de los sectores que mayor impulso proporciona a la economía del país, es la construcción. Por lo tanto, es necesario precisar la importancia de la Ingeniería Civil para el desarrollo del país. El ingeniero civil se encarga de la construcción de la infraestructura necesaria para las ciudades y el campo, como pueden ser edificios, carreteras, puentes, canales, etc.; dicha infraestructura permitirá a las personas una mejoría en su calidad de vida.

La historia de la Ingeniería Civil en México está llena de muchos aciertos, pero también de igual cantidad de errores. Sería muy complicado hablar de toda la historia de la Ingeniería Civil en México, sin embargo, se presenta a continuación un resumen breve.

Todo se remonta a las civilizaciones prehispánicas, para quienes ya era común construir grandes estructuras, cuyo fin era primordialmente religioso. Culturas, como la teotihuacana, lograron edificar pirámides de gran tamaño y que subsisten hasta nuestros días, pero lo más sorprendente no es su tamaño, sino el extraordinario trabajo que representó para quienes la construyeron, ya que, para ese entonces, (periodo 300 a 1521 d.C. aproximadamente), no existían ni la tecnología ni las herramientas adecuadas.

La construcción de centros religiosos no fue el único tenor, vale la pena mencionar tipos de construcciones como los fueron los canales y las chinampas¹. La cultura maya destaca, entre otras cosas, por la construcción de canales y de sistemas de riego, muy avanzados para su época. Las chinampas son otro tipo de construcciones originarias de México y que han alcanzado fama mundial; éstas fueron utilizadas para crear nuevas zonas habitables en la zona lacustre del Valle de México, por medio de pilares de madera y cimentados con piedra; dicha invención fue creación de la cultura mexicana o mejor conocida como azteca.

Para el periodo del Virreinato (1521-1810), la construcción tomó un giro completamente diferente, por la aplicación de nuevos métodos constructivos traídos por los conquistadores españoles. Se crearon nuevas ciudades, que, a diferencia de las zonas rurales, tuvieron una mayor atención. También se construyeron caminos y puentes, los cuales permitieron comunicarse y moverse entre distintos poblados; además se llevó agua a las ciudades por medio de acueductos, que son una conjunción de arcos de piedra que conducen agua en la parte superior y permiten transportarla de un lugar a otro por diferencia de niveles.

¹ Es una porción de tierra fértil hecha con troncos, raíces y toda rodeada de agua, construida por la mano del hombre en lagunas, canales y pantanos, son rectangulares o cuadradas y están rodeadas por hileras de árboles ahuejotes (*Salix bonplandiana*), mismos que sirven para mantener a las chinampas fijas en el mismo lugar, ya que sirven de anclaje además de los muchos beneficios que estos árboles aportan a este ecosistema productivo. *El muérdago en Xochimilco*. 2020. Recuperado de: <http://muerdagoxochimilco.blogspot.com/2015/04/como-se-construye-una-chinampa.html>. 2 de febrero del 2020.

Un caso que merece especial atención, por los diversos esfuerzos ingenieriles que se han realizado para resolver la problemática, son las condiciones hidrológicas que ha padecido el Valle de México, región donde se encuentra asentada la capital del país. Para entender qué es lo que ocurre en este lugar, se hace mención de lo siguiente:

El Valle de México, que tiene una extensión de 8,058 kilómetros cuadrados, está situado en la parte meridional y más alta de la meseta central y geográficamente está delimitado por cordilleras enlazadas entre sí; por lo que no existe una salida directa para las aguas que precipitan las lluvias, las que escurren superficialmente, y las que se encuentran en el subsuelo. Siglos atrás, al no encontrar salida, éstas formaron grandes depósitos en forma de lagos: al oriente se encuentra el lago de Texcoco, al sur los lagos de Xochimilco y Chalco y hacia el norte los lagos de Zumpango, Xaltocan y San Cristóbal. Estas características hidrológicas han provocado que a lo largo de la historia se hayan realizado diversas obras hidráulicas con el fin de evitar catástrofes y a la vez canalizar el agua para el aprovechamiento de los asentamientos humanos.

Durante la época del dominio español se construyeron albardones² para detener el agua de los lagos, pero sin duda la construcción del túnel de Nochistongo fue la obra más destacada, aunque con el paso del tiempo dejó de ser eficiente. Una gran cantidad de ingenieros mexicanos trabajaron en diferentes proyectos para resolver esa problemática, pero en la actualidad, los problemas por inundación continúan.

En los primeros años del México independiente, no se realizaron importantes obras de Ingeniería Civil, debido a lo constantes conflictos políticos y sociales que derivaron en varias guerras civiles. Esto no quiere decir que la construcción se hubiera detenido por completo, pero quizá no estaba entre las prioridades del gobierno ni de la sociedad.

La construcción de infraestructura volvió a resurgir durante la época del Porfiriato (1877-1911), donde los puertos marítimos y principalmente las vías de ferrocarril (*ver figura 1*)

² Los **albardones** son obras hidráulicas que permitían controlar el paso del agua de los lagos y evitar inundaciones. Durante la Conquista, el agua de ambos lagos disminuía por los asentamientos humanos y la deforestación de la cuenca. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. (2016). La UNAM te explica: La historia hidrológica de la Cuenca de México. 4 de febrero del 2020, de Fundación UNAM Sitio web: <http://www.fundacionunam.org.mx/ecopuma/la-unam-te-explica-la-historia-hidrologica-de-la-cuenca-de-mexico/>.

impulsaron el desarrollo de la economía nacional. Cabe destacar que fue durante este periodo cuando se promulgaron las primeras leyes de obra pública.



Figura 1.- Fuente: Historia de México 2. 14/09/2008. Ferrocarril durante el Porfiriato por Jorge Echanove. <http://historiamexico2.blogspot.com/2008/09/ferrocarril-durante-el-porfiriato-por.html>. 3 de febrero del 2020.

El siglo XX representó la consolidación de México como una nación competitiva y moderna; aunque actualmente se encuentra en vías de desarrollo para convertirse en potencia mundial, es indiscutible el papel que toma la Ingeniería Civil para el desarrollo de la economía e infraestructura de nuestro país.

México tiene grandes obras de infraestructura dignas de admiración y que han destacado a nivel mundial en los últimos años; por mencionar algunos ejemplos se encuentra la carretera Arco Norte, el Puente Baluarte, la Presa Hidroeléctrica La Yesca y el Túnel Emisor Oriente. Cada una de estas obras tiene relación directa con la labor del ingeniero civil y han representado verdaderos retos, que en algún momento se pensaron imposibles de realizar o que su realización empleó mucho tiempo.

La tendencia actual de la Ingeniería Civil mexicana es la construcción de mega obras de infraestructura con el uso de nuevas tecnologías. Una de las fortalezas con las que México cuenta es la gran cantidad de profesionales especializados en cada una de las ramas de la Ingeniería Civil (estructuras, geotecnia, transporte, materiales, hidráulica, vial, gerencia,

etc.). Se puede encontrar a extraordinarios ingenieros civiles mexicanos, capaces de dar soluciones reales y con el nivel para competir con los mejores del mundo.

Por las condiciones del país, hay un mercado interno fuerte, se construyen carreteras, presas, puentes, túneles, canales, plataformas petroleras, aeropuertos, etc. Lo anterior permite una alta especialización de los ingenieros civiles mexicanos, además de que muchos se encuentran trabajando en otras partes del mundo y otros más se encuentran investigando e innovando. La innovación del ingeniero civil mexicano es indiscutible, como es la del ingeniero Heriberto Castillo, inventor del sistema de Tridilosa, que es una estructura hecha de elementos tubulares soldados y atornillados, cuya característica principal consiste en ser una estructura ligera y es empleada principalmente para techumbres en edificios.

La construcción de grandes proyectos de Ingeniería Civil es una constante en cada uno de los gobiernos sexenales, pero también es una lamentable realidad que es una constante la corrupción que impera en el medio, al grado de considerarla como una epidemia, lo cual se convierte en una debilidad en la evolución y desarrollo de México.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La construcción de una central termoeléctrica no es nada fácil y construirla en México implica mayores problemas tanto sociales o financieros. Para la construcción de la Central Termoeléctrica EVM II, las políticas de calidad, seguridad y medio ambiente del cliente General Electric (GE), serán los principales retos para la Compañía Contratista Nacional (COCONAL), empresa encargada de construir las cimentaciones de la central termoeléctrica.

Para el buen desarrollo de una comunidad, sea pequeña o grande, el proveerle de servicios tales como agua potable, drenaje y luz eléctrica son indispensables. El gobierno, en todos sus niveles, debe proveer de estos servicios, de esta manera surgen los proyectos para el desarrollo de fuentes de energía, tanto renovables como no renovables.

Un ejemplo de fuente de energía, son las centrales termoeléctricas, que, a través de la transformación de la energía térmica del gas natural en electricidad mediante dos ciclos consecutivos, como son: con un generador accionado por una turbina de combustión, que utiliza como combustible principal al gas natural, los gases de escape de la combustión son aprovechados para calentar agua en una caldera de recuperación que produce vapor aprovechable para accionar una segunda turbina.

Para el proceso de construcción de los cimientos de las turbinas de gas de la Central Termoeléctrica EVM II, uno de los elementos importantes es la construcción de los cimientos donde serán colocadas las turbinas de gas, ya que el proyecto exige, como es fundamental en el proceso constructivo, apegarse a la normatividad existente, lo que sumado a la finalidad de ésta cimentación, su proceso implica mayor cuidado, pues soportará las instalaciones que se incluyen en una central termoeléctrica de ciclo combinado.

Por enumerar, algunos de los errores que se cometen en este proceso son las fallas estructurales tales como: colapso, colapso progresivo y falla estructural. Ésta es una incongruencia inadmisibles entre el desempeño y su función esperados y los que realmente soporta la estructura, sus consecuencias pueden llevar a pérdidas de vidas o pérdidas financieras. También pueden presentarse errores de acabados tales como detalles de dimensionamiento, pintura, ubicación, etc. Esto genera un costo diferente de lo planeado y por lo consiguiente retraso en la entrega de la obra.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El costo de la construcción de una central termoeléctrica es inferior a la construcción de centrales de otro tipo de fuentes de energía para generar energía eléctrica. Considerando el precio por mega watts instalado, especialmente las centrales de carbón, debido a la simplicidad de su construcción y la energía generada de forma masiva, pero emiten más contaminantes a la atmósfera.

En cambio, las centrales de ciclo combinado de gas natural son mucho más eficientes que una termoeléctrica convencional, pues alcanzan hasta un 50% de eficiencia, aumentando la generación de energía eléctrica, con la misma cantidad de combustible y rebajando las emisiones de carbono, en un 20%, 0.35 kg de CO₂, por kWh producido.

Dar una propuesta para la colocación de concreto hidráulico en las cimentaciones de las turbinas de gas de la central termoeléctrica EVM II, ayudarán a que se realice un cambio en su procedimiento de colocación de concreto para mitigar los errores cometidos en el vaciado del concreto.

Los beneficios de corregir el problema de colocación de concreto tendrán múltiples mejorías como:

- No se tendrá retraso en la obra y se evitarán pérdidas financieras.
- El colado de la siguiente turbina de gas se podrá hacer con más cuidado en la etapa de colocación de concreto.
- Se inspeccionarán los elementos futuros con mayor detenimiento y cuidado.
- Se mitigarán los errores estructurales o de acabados.
- No se presentarán hormigueros³ (honeycumb).
- Se contará con una obra de mayor calidad.

³ Los hormigueros es el nombre común que se le da a los espacios dejados en la masa de concreto, producto de una deficiente compactación en el proceso de colocación del concreto. Euclid Group Toxement. (2017). Guía de Reparación de Hormigueros. 4 de febrero del 2020, de Toxement Sitio web: <http://www.toxement.com.co/media/3415/reparacion-de-hormigueros.pdf>

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de solución para la corrección del problema en la colocación del concreto en las cimentaciones de las turbinas de gas de la central termoeléctrica EVM II.

1.4.2 Objetivos específicos

- Observar el problema y levantar evidencias del problema generado en la colocación del concreto de las cimentaciones de las turbinas de gas de la central termoeléctrica EVM II.
- Revisar las normas existentes para utilizarlas en la propuesta a generar.
- Verificar las especificaciones del proyecto para ver la posibilidad de realizar cambios, y así mejorar los colados de las cimentaciones de las turbinas de gas.

CAPÍTULO 2

2.1 MARCO TEÓRICO

2.2 Ubicación

La central termoeléctrica EVM II, se construirá en el municipio de Axapusco, Estado de México, en la carretera Otumba – Cd. Sahagún (*ver figura 2*). La central termoeléctrica tendrá un costo es de 875.5 millones de dólares y producirá 850 mega watts (mW).



Figura 2.- Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado EVM II. Fuente google maps.

2.3 Electricidad

(Centrales electricas, 2010)

La electricidad es un conjunto de fenómenos producidos por el movimiento e interacción entre las cargas eléctricas positivas y negativas de los cuerpos físicos.

La palabra "electricidad" procede del latín *electrum*, y a su vez del griego *élektron*, o ámbar. La referencia al ámbar proviene de un descubrimiento registrado por el científico francés Charles François de Cisternay du Fay, que identificó la existencia de dos tipos de cargas eléctricas (positiva y negativa). Las cargas positivas se manifestaban al frotar el vidrio, y las negativas al frotar sustancias resinosas como el ámbar.

La energía producida por las cargas eléctricas puede manifestarse dentro de cuatro ámbitos: físico, luminoso, mecánico y térmico.

Si bien la electricidad es abstracta o "invisible" en la mayoría de sus manifestaciones, como por ejemplo en el sistema nervioso del ser humano, es posible "verla" en ocasiones, como los rayos cuando se desarrolla una fuerte tormenta.

La electricidad es una forma de energía muy utilizada en todos los ámbitos de la sociedad, sin embargo, para muchos es un misterio cómo se genera. De forma resumida se dice que la electricidad proviene de las denominadas Centrales Eléctricas, las cuales la obtienen de diferentes fuentes de energía primaria.

2.3.1 Centrales eléctricas

(Foro Nuclear, 2010)

Una central eléctrica es una instalación capaz de transformar una energía primaria como: hidráulica, nuclear, geotérmica, eólica entre otras a energía mecánica, y finalmente, a en energía eléctrica.

En general, la energía mecánica procede de la transformación de la energía potencial del agua almacenada en un embalse; de la energía térmica suministrada al agua mediante la combustión del carbón, gas natural, fuelóleo, o a través de la energía de fisión del uranio.

Esta energía (en forma de agua que cae desde un nivel superior o de vapor de agua o gas de combustión a alta presión) impulsa los rodets de una turbina.

Para realizar la conversión de energía mecánica en eléctrica, se emplean unas máquinas denominadas generadores eléctricos o alternadores, que constan de dos piezas fundamentales: el estátor y el rotor. El estátor es un cilindro metálico hueco en forma de cañón, cuya superficie interior dispone de ranuras que alojan un bobinado de cobre interconectado. El rotor es un eje macizo, también metálico, que se aloja con capacidad de giro en el interior del estátor y cuya superficie también dispone de ranuras que alojan a otro embobinado de cobre interconectado que actúa como un electroimán, cuando se les aplica una pequeña corriente eléctrica continua proveniente de un tercer equipo exterior llamado excitatriz. La turbina, el alternador y la excitatriz están alineados y comparten el mismo eje de rotación. Cuando el rotor gira a la velocidad de 1,500 ó 3,000 rpm (necesaria para generar una frecuencia de 50 Hz con la que se trabaja en Europa), impulsado por el eje que comparte con la turbina, se produce una corriente inducida en los hilos de cobre del interior del estátor. Estas corrientes proporcionan al generador la denominada fuerza electromotriz, capaz de proporcionar energía eléctrica a cualquier sistema conectado a él.

Esta energía eléctrica generada se envía a través de una red de líneas eléctricas hasta los lugares de consumo. A la salida de la central eléctrica, la tensión es de 110 kV, 220 kV o 380 kV; es decir, mediante un transformador se obtiene una alta tensión, para que las pérdidas en el transporte sean mínimas. Después, en los lugares de consumo, se vuelve a transformar, mediante otros transformadores, a las bajas tensiones conocidas de 380 V y 220 V, que son las que usualmente empleamos en nuestros equipos y aparatos domésticos.

2.3.2 Tipos de centrales eléctricas

(Lean Manufacturing 10, 2012)

Los tipos de centrales están directamente relacionados con la energía primaria que utilizan para generar la electricidad. Así, podemos distinguir entre centrales de ciclo combinado, que emplean gas natural o los parques eólicos, que aprovechan el viento para generar electricidad. Estos son sólo dos ejemplos, pero los tipos son tan abundantes como tipos de energía primaria existen: carbón, gas natural, gasóleo, radiación solar, viento, mareas, biomasa, etc.

La manera más habitual de producir electricidad se basa en transformar la energía contenida en la energía primaria a energía mecánica a través de diferentes procesos para poder, con ayuda de un generador, convertir esta energía en electricidad.

Cada central eléctrica tiene sus propias características para obtener la electricidad, a continuación, se muestra de forma general las principales características de los diferentes tipos:

- Centrales convencionales: Tiene como fuente primaria al carbón, gasóleo y gas natural. Estos tipos de centrales obtienen la electricidad mediante la combustión de combustibles fósiles. El calor generado calienta agua a alta presión que mueve una turbina que está conectada a un generador eléctrico donde se obtiene la electricidad.
- Central de ciclo combinado de gas natural: Es una instalación similar a la anterior, pero de mayor eficiencia ya que posee dos circuitos conectados a un generador. Uno de ellos, sigue el mismo funcionamiento explicado en el punto anterior, y el otro se trata de un ciclo agua - vapor que emplea el calor remanente de los gases de la combustión.
- Central nuclear: Es un tipo de central en la que el agua se calienta a alta presión mediante el calor liberado en la fisión nuclear. Ese vapor a presión, al igual que los casos anteriores, moverá una turbina conectada a un generador eléctrico.

- Central de biomasa: Estas instalaciones tienen el mismo funcionamiento que las centrales de combustibles fósiles. La diferencia fundamental está en el tipo de combustible empleado. Estas centrales usan biomasa⁴, un combustible de origen renovable.
- Central hidráulica: Este tipo de instalaciones suele estar situada en embalses donde se acumula el agua. La electricidad se obtiene mediante el giro de las turbinas, conectadas a un generador, que se mueven mediante el agua almacenada que cae desde gran altura.
- Parque eólico: Estas centrales están formadas por aerogeneradores. Estos molinos eólicos poseen unas aspas, que sería equivalente a las turbinas de las otras centrales, y un generador. La electricidad se genera orientando las palas al viento para que éste las mueva.
- Huerto solar: Es el nombre que recibe las centrales que generan la electricidad a partir de la radiación solar. Este caso es el único que no emplea la energía mecánica, sino que genera la electricidad a través de una serie de reacciones químicas que se producen en los paneles solares.
- Central geotérmica: Emplea el calor del interior de la tierra para calentar agua a alta temperatura y presión, la cual se encarga de mover una serie de turbinas conectadas a un generador. Estas centrales se instalan en zonas donde el suelo alcanza altas temperaturas a bajas profundidades.
- Central mareomotriz: Estas instalaciones están todavía en investigación para mejorar su eficiencia, aunque existen ya algunas situadas en océanos con grandes mareas como el océano Atlántico. El funcionamiento se basa en utilizar las corrientes de las mareas para movilizar una turbina conectada a un generador.

⁴ La biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa es aquella que se obtiene de productos y residuos animales y vegetales. Tesis Copilco UNAM. (desconocido). Capítulo 3.- Biomasa para la obtención de la energía. 4 de enero del 2020, de UNAM Sitio web: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/732/A6.pdf?sequence=6>.

- Parque undimotriz: Esta central, aun todavía en fase de desarrollo muy temprana, genera la electricidad utilizando el movimiento de las olas de mar para mover las turbinas.

Todos estas son las características de centrales para la generación de energía eléctrica, pero en este tema abordaremos la central de ciclo combinado generado con gas natural.

2.4 Las centrales termoeléctricas de ciclos combinados

(Centrales Termicas de CICLO COMBINADO, 2019)

Son centrales de generación de energía eléctrica en las que se transforma la energía térmica del gas natural en electricidad mediante dos ciclos consecutivos: El que corresponde a una turbina de gas convencional y el de una turbina de vapor.

Este tipo de centrales se caracterizan por el uso del calor generado en la combustión de la turbina de gas, que se lleva a un elemento recuperador del calor y se emplea para mover una o varias turbinas de vapor. Estas dos turbinas, de gas y vapor, están acopladas a un alternador común que convierte la energía mecánica generada por las turbinas en energía eléctrica.

La combinación de estos dos procesos permite alcanzar rendimientos, en torno a los 60%, muy superiores a los de una central térmica convencional con un solo ciclo, ya que obtiene la energía eléctrica en dos etapas, logrando así un mayor aprovechamiento de la energía del combustible.

2.5 Centrales termoeléctricas en México

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2009 México tenía 22 centrales termoeléctricas de combustión de hidrocarburos (petróleo, gas y diésel). (INEGI,

2009). Según IMAGEN RADIO en el 2019, en México existen más de 30 plantas termoeléctricas parte sur, centro y norte del país (ver tabla 1), unas en operación y otras en proceso constructivo. (RADIO, 2019).

Tabla 1.- Centrales Termoeléctricas en México	
Estados	Cantidad
Veracruz	9
Michoacán	5
Jalisco	2
Puebla y Sinaloa	4
Estado de México, Hidalgo, Monterrey, etc.	En proceso constructivo y arranque.

2.6 Componentes de las centrales de ciclo combinado

2.6.1 Turbina de gas

(Ciclos Combinados, 2014)

Las turbinas de gas son turbomáquinas que, de un modo general, pertenecen al grupo de máquinas térmicas generadoras y cuya franja de operación va desde pequeñas potencias (30 kW para las microturbinas) hasta 500 mW para los últimos desarrollos. De esta forma, compiten tanto con los motores alternativos (ciclos termodinámicos OTTO y DIESEL) como con las instalaciones de vapor de pequeña y media potencia.

Sus principales ventajas son su poco peso y volumen en relación a su potencia y la flexibilidad de su operación. Esto hace que sean máquinas cuyo uso para determinadas aplicaciones, especialmente las referidas a la generación de electricidad y a la propulsión

de buques y aviones, esté en claro aumento. Al ser máquinas rotativas presentan una clara ventaja frente a los motores alternativos, por la ausencia de movimientos alternativos y de rozamientos entre superficies sólidas (como las que se dan entre pistón y camisa), lo que se traduce en menores problemas de equilibrado y menores consumos de aceite lubricante, que además no están en contacto con superficies calientes ni con productos de combustión.

2.6.2 Turbina de vapor

(plantas de cogeneracion, 2013)

La turbina de vapor es un motor térmico cíclico rotativo, de combustión externa, que movido por vapor produce energía mecánica. El vapor entra a alta presión y temperatura, y se expande en la turbina, transformando una parte de su entalpía⁵ en energía mecánica. A la salida de la turbina, el vapor ha perdido presión y temperatura.

Pueden ser de acción, donde el vapor pasa a través de las boquillas y alcanza las palas. Éstas absorben una parte de la energía cinética del vapor en expansión, lo que hace girar la rueda y con ella el eje al que está unida. La turbina está diseñada de forma que el vapor que entra por un extremo de la misma se expande a través de una serie de boquillas hasta que ha perdido la mayor parte de su energía interna.

Existen también turbinas de reacción, hay diferente presión a ambos lados de las ruedas de los álabes y esto es lo que impulsa el rotor. Mientras discurre el vapor entre los álabes móviles, disminuye su presión puesto que el espacio entre álabes es variable.

En ellas se produce un efecto parecido al que sustenta a los aviones. En las dos caras del ala de un avión hay una diferencia de presión, debido a la forma de la misma, que induce

⁵ Es una magnitud termodinámica, simbolizada con la letra *H* mayúscula, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno. Usualmente se mide en Joules. Física Termodinámica 6M. (desconocido). Entalpía & Entropía. 4 de enero del 2020, de Física Termodinámica 6M Sitio web: <https://estebanbernal10.wordpress.com/tercer-corte/entalpia-entropia/>.

una diferencia de velocidades y que dan como consecuencia la diferencia de presiones antedicha.

La mayor parte de las veces los modelos son mixtos constando, primero de una rueda de acción, seguido de otras de reacción. Por lo general, las turbinas pequeñas son de acción y las grandes de reacción o mixtas.

2.6.3 Caldera HRSG

(opex energy, 2015)

La caldera de recuperación de calor o HRSG (Heat Recovery Steam Generator) en un ciclo combinado es el elemento encargado de aprovechar la energía de los gases de escape de la turbina de gas transformándola en vapor. Con posterioridad, ese vapor puede transformarse en electricidad por una turbina de gas, ser utilizado en procesos industriales o en sistemas de calefacción centralizados.

Las calderas de recuperación de calor pueden clasificarse en calderas con o sin postcombustión y en calderas horizontales o verticales y también por el número de veces que el agua pasa a través de la caldera conocida como OTSG (One Time Steam Generator).

2.6.4 Generador eléctrico

(ENERGIA NUCLEAR, 2017)

Un generador eléctrico es una máquina capaz de transformar algún tipo de energía, que puede ser energía química, energía mecánica o luminosa, en energía eléctrica. Las fuentes de energía mecánica incluyen turbinas de vapor, turbinas de gas, turbinas de agua, motores de combustión interna e incluso manivelas.

Un generador eléctrico es todo aquel dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) entre dos puntos, llamados polos o bornes. Los generadores

eléctricos son máquinas eléctricas destinadas a transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

En la generación de electricidad, un generador es un dispositivo que convierte la potencia motriz (energía mecánica) en energía eléctrica para su uso en un circuito externo. El primer generador electromagnético, el disco de Faraday, fue inventado en 1831 por el científico británico Michael Faraday. Los generadores proporcionan casi toda la energía para las redes eléctricas.

2.6.5 Transformador

(DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2014)

El transformador eléctrico tiene el propósito básico de transferir energía eléctrica de un circuito a otro mediante conductores acoplados inductivamente, convirtiendo esa energía eléctrica, que tiene un voltaje o una corriente determinados, en energía eléctrica con otro voltaje o corriente. Estos mecanismos se basan en dos principios esenciales: el electromagnetismo y la inducción electromagnética.

En otras palabras, es importante que las corrientes eléctricas puedan producir campos magnéticos y que esos campos magnéticos puedan cambiar en una bobina de alambre e inducir un voltaje (o tensión) en los extremos de esa bobina.

Estos principios restringen las aplicaciones del transformador a la corriente alterna solamente, pero allí es precisamente donde radica su ventaja, ya que la corriente continua no puede transformarse de manera sencilla o económica, lo que explica el amplio uso de la corriente alterna, que sí puede transformarse fácilmente.

2.6.6 Condensador enfriado por aire

(spgdrycooling, 2017)

Un condensador enfriado por aire (ACC) es un sistema de enfriamiento directo en seco donde el vapor se condensa dentro de tubos aleteados enfriados por aire. El flujo de aire ambiente fresco fuera de los tubos con aletas es lo que elimina el calor y define la funcionalidad de un ACC. En las centrales térmicas (T), el vapor del escape de la turbina fluye hacia el ACC donde se produce la condensación. Luego el condensado vuelve a la caldera (B) en un circuito cerrado. Dado que el vapor que sale de la turbina está a baja presión, el ACC funciona a una presión cercana al vacío, y una unidad de evacuación de aire elimina continuamente los gases no condensables (G). (ver figura 3).

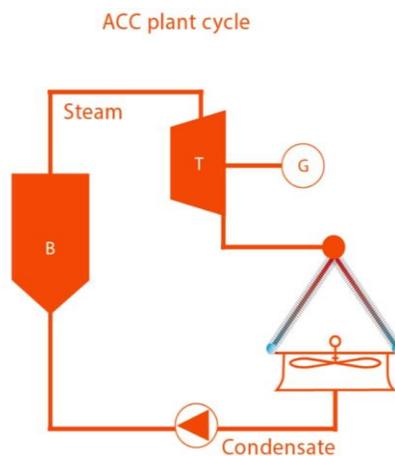


Figura 3.- Diagrama de un condensador enfriado por aire. Fuente spgdrycooling.

2.6.7 Tratamiento de gas

(Frames group, 1999)

Los sistemas de acondicionamiento de gas combustible, también conocidos como paquetes de calefacción y filtración de gas combustible, están diseñados para suministrar gas natural limpio y tratado con la presión adecuada. El acondicionamiento es crucial para el rendimiento y la vida útil de los equipos impulsados por gas, como turbinas y

generadores. El gas tratado también se puede usar como gas de sellado, gas de cobertura o gas de servicio.

Los sistemas de acondicionamiento de gas combustible generalmente consisten en un recipiente de lavado o un tambor extraíble, un filtro separador, calentadores, reducción de presión, válvulas de emergencia / operativas y medición (de flujo). Los sistemas a menudo se colocan aguas abajo del cabezal de producción o del contactor / separador de glicol. Los sistemas de acondicionamiento de gas combustible protegen los motores y turbinas alimentadas con gas de la sobrepresión, líquidos, sólidos y aerosoles.

El gas combustible primero ingresa a un depurador o tambor de extracción para eliminar los líquidos atrapados en el gas, lo que puede causar la formación de condensados debido al efecto de enfriamiento adiabático de la reducción de presión. En algunos casos, se requiere precalentamiento antes de que la presión del gas se reduzca al nivel requerido por el usuario final. Después de que la presión se ha reducido por medio de válvulas de control de presión, el gas se canaliza hacia el separador de filtro para eliminar aún más las partículas líquidas y sólidas.

2.6.8 Tratamiento de aguas residuales

(Chemical Processing, 2018)

Las plantas de proceso generalmente intentan minimizar la cantidad de aguas residuales que generan. Sin embargo, las operaciones invariablemente resultan en la producción de algunas aguas residuales. El tratamiento adecuado de estas aguas residuales es crucial por razones ambientales y económicas.

Las aguas residuales industriales generalmente contienen materia orgánica e inorgánica en diversos grados de concentración. Pueden incluir materiales tóxicos y otros materiales nocivos, así como componentes que no son biodegradables o que pueden reducir la eficiencia de muchas operaciones de tratamiento de aguas residuales.

Por lo tanto, el tratamiento de aguas residuales industriales suele ser una tarea muy difícil, mucho más complicada que el tratamiento de aguas residuales municipales, que requiere métodos especiales y tecnologías sofisticadas. Estas opciones se dividen en tres categorías: físicas, químicas y biológicas. Los métodos de tratamiento físico incluyen sedimentación, flotación, filtración, separación, intercambio iónico, adsorción y otros procesos que eliminan sustancias disueltas y no disueltas sin cambiar necesariamente sus estructuras químicas. Los métodos químicos incluyen precipitación química, oxidación o reducción química, formación de un gas insoluble seguido de separación y otras reacciones químicas que implican intercambiar o compartir electrones entre átomos. Los métodos biológicos dependen de organismos vivos que utilizan sustancias orgánicas o, en algunos casos, inorgánicas para la alimentación.

2.6.9 Bomba de agua de alimentación

(sulzer, 2017)

Las bombas de agua de alimentación (Feed Water Pumps, FWP) bombean el agua de alimentación desde el desgasificador a través de los calentadores de alta presión hasta la caldera. La principal característica de las FWP es la alta presión diferencial. En las centrales eléctricas de combustión de carbón y petróleo de tamaño grande y mediano, las FWP principales son horizontales de tipo barril mientras que las bombas de refuerzo son horizontales de tipo mono etapa de doble aspiración. En centrales eléctricas para consumo interno de carbón y petróleo de pequeño tamaño, las FWP principales podrían ser también de tipo sección anular o partidas axialmente y las bombas de refuerzo horizontales de tipo mono etapa de aspiración axial.

2.7 CIMENTACIONES

2.7.1 Cimentación

(Montoya Javier, Pinto Vega Francisco , 2010)

El cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al terreno. Dado que la resistencia y rigidez del terreno son, salvo raros casos, muy inferiores a las de la estructura, la cimentación posee un área en planta muy superior a la suma de las áreas de todos los soportes y muros de carga. Lo anterior conduce a que los cimientos son en general piezas de volumen considerable, con respecto al volumen de las piezas de la estructura. Los cimientos se construyen casi invariablemente en hormigón armado y, en general, se emplea en ellos hormigón de calidad relativamente baja, ya que no resulta económicamente interesante el empleo de hormigones de resistencias mayores. Para poder realizar una buena cimentación es necesario un conocimiento previo del terreno en el que se va a construir la estructura. La correcta clasificación de los materiales del subsuelo es un paso importante para cualquier trabajo de cimentación, porque proporciona los primeros datos sobre las experiencias que puedan anticiparse durante y después de la construcción. El detalle con el que se describen, prueba y valoran las muestras, depende del tipo de estructura que se va a construir, de consideraciones económicas de la naturaleza de los suelos, y en cierto grado del método con el que se hace el muestreo. Las muestras deben describirse primero sobre la base de una inspección ocular y de ciertas pruebas sencillas que pueden ejecutarse fácilmente tanto en el campo como en el laboratorio clasificando el material en uno de los grupos principales: grava, arena, limo y arcilla. La mayor parte de los suelos naturales se componen por la mezcla de dos o más de estos elementos, y pueden contener por añadidura material orgánico parcial o completamente descompuesto.

2.7.2 Tipos de cimentaciones

2.7.2.1 Cimentaciones superficiales

(caminos, s.f.)

Las cimentaciones directas son las que reparten las cargas de la estructura sobre el terreno en un plano de apoyo horizontal. Debido a que habitualmente son construidas a poca profundidad bajo la superficie del terreno, son llamadas también cimentaciones superficiales.

Sin embargo, en general, bajo la denominación de cimentaciones superficiales se engloban todos los elementos de cimentación que transmiten las cargas al terreno a través de una superficie de apoyo considerablemente más grande que su canto o dimensión vertical, aunque la cota de apoyo puede llegar a ser considerable en algunos casos, como en las losas de sótano.

A continuación, se presentan algunos de los tipos de elementos estructurales de las cimentaciones:

- Zapatas aisladas: Pueden ser centradas, de medianería o de esquina y están situadas bajo los pilares. Las zapatas aisladas pueden unirse entre sí por medio de vigas de atado o soleras, con el fin de evitar desplazamientos laterales, en especial si construimos en zona sísmica. Las zapatas de medianería y esquina deben estar unidas a otras zapatas contiguas con vigas centradoras para absorber su excentricidad.
- Zapatas combinadas y corridas: Surgen de la unión de varias zapatas en una sola. Hablamos de zapata combinada cuando recoge dos o más pilares, y corrida cuando recoge tres o más pilares alineados. Un caso particular será la empleada para zapata corrida bajo muro.

- Pozos de cimentación: Pueden ser rellenos de hormigón pobre sobre los que se sitúa la zapata, o bien zapatas que apoyan en el terreno sobre las que se eleva un plinto⁶ de gran rigidez con el fin de evitar problemas de inestabilidad.
- Emparrillados de cimentación: Los pilares se recogen mediante una cimentación formada por zapatas corridas entrecruzadas en malla, normalmente, ortogonal.
- Losas de cimentación: Pueden ser continuas (las más comunes), con pedestales, con sección en cajón, nervadas o aligeradas (ver figura 4).

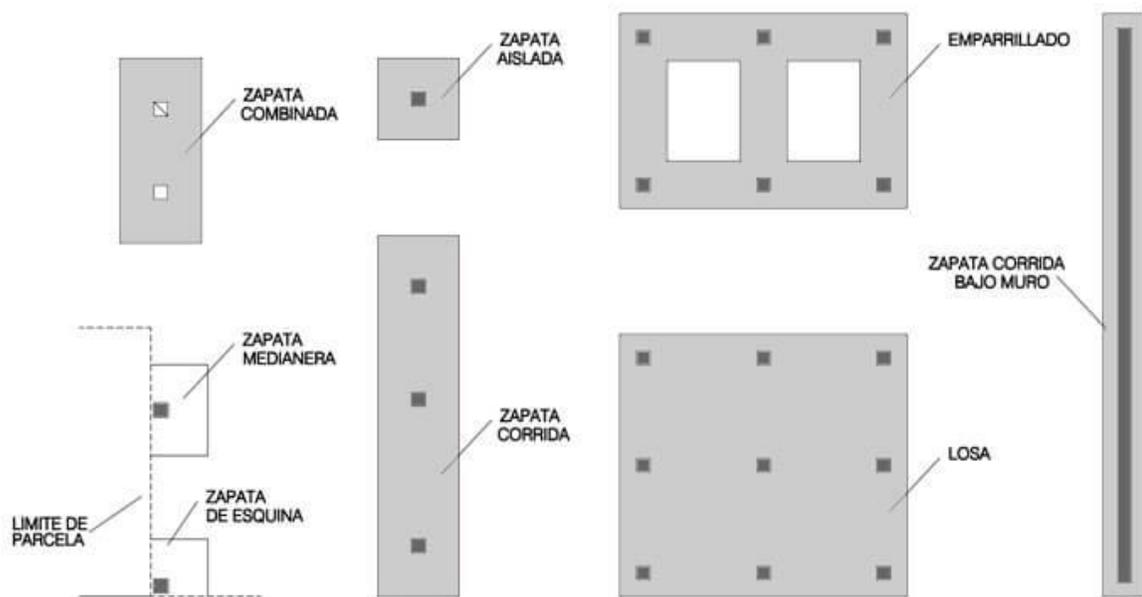


Figura 4.- Tipos de cimentaciones superficiales. Fuente: ingeniero de caminos.com..

⁶ Elemento plano y liso, de forma cuadrangular donde se asienta la base de una columna o pilar, por lo general formando parte de la misma. Su origen se remonta a la piedra que servía de base a la columna o pie derecho de madera. Construpedia. (sin fecha). Diccionario de Construcción. 4 de enero del 2020, de Construmática Sitio web: <https://www.construmatica.com/construpedia/Plinto>.

2.7.2.2 Cimentaciones profundas

(Montoya Javier, Pinto Vega Francisco , 2010)

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Este tipo de cimentación se utiliza cuando se tienen circunstancias especiales:

- Una construcción determinada extensa en el área de ausentar.
- Una obra con una carga demasiado grande no pudiendo utilizar ningún sistema de cimentación especial.
- Que el terreno al ocupar no tenga resistencia o características necesarias para soportar construcciones muy extensas o pesadas.

Algunos métodos utilizados en cimentaciones profundas son:

- Pilas y cilindros: En la ingeniería de cimentaciones el término pila tiene dos significados diferentes. De acuerdo con uno de sus usos la pila es un miembro estructural subterráneo que tiene la función que cumple una zapata, es decir transmitir las cargas que soporta al suelo. Sin embargo, en contraste con una zapata, la relación de la profundidad de la cimentación con respecto a la base de las pilas es por lo general mayor que cuatro, mientras que, para las zapatas, esta relación es menor que la unidad.
- Pilotes: Los pilotes son miembros estructurales con un área de sección transversal pequeña en comparación con su longitud. Se hincan en el suelo a base de golpes generados por maquinaria especializada, en grupos o en filas, conteniendo cada uno el suficiente número de pilotes para soportar la carga de una sola columna o muro.
- Pantallas: Son muros verticales profundos que soportan las presiones del terreno; por tanto, es necesario anclar el muro a dicho terreno.

CAPITULO 3

3.1 METODOLOGÍA O PROPUESTA A IMPLEMENTAR

3.2 Observaciones del colado de cimentaciones de las turbinas de gas de la central termoeléctrica EVM II.

Se encontró que el colado de las cimentaciones de la turbina de gas de la unidad 11 en la central termoeléctrica EVM II, después de retirar la cimbra, se puede apreciar un mal acabado en dos caras del elemento.

Se hace la observación, que el problema que es la causa principal es ocasionado por la altura de la manguera o trompa de elefante, ya que excede la distancia permitida mayor a 1.50 m. Se comprende que la complejidad del armado de la cimentación de las bases de las turbinas de gas, tienen en su armado un diámetro grande de acero corrugado en su estructura con varillas de 22 y 25 mm de diámetro a cada 20 cm; esto complicó la entrada de la manguera o trompa de elefante al interior del elemento, lo que provoca que la altura del vaciado del concreto se hiciera hasta 2.25 m, en la que la altura del elemento excediera lo permitido. (*ver figura 5*).



3.3 Especificaciones del proyecto para colocación de concreto para las cimentaciones de las turbinas de gas de la central termoeléctrica EVM II.

3.3.1 Materiales

Todos los materiales deben cumplir con los estándares aplicables al proyecto o normas de la construcción como son: American Society of Testing Materials (ASTM), Normas Mexicanas (NMX), Reglamento de Construcción de la Ciudad de México o las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal (NTC) y American Concrete Institute (ACI), etc.

- El agua para las mezclas de concreto debe cumplir con las normas aplicables al proyecto (Ej. ASTM C1602, ACI, etc.)
- Los agregados finos y gruesos deben cumplir con AASHTO M6 y AASHTO M80, respectivamente.
- Los agregados químicos deben cumplir con ASTM C494 y no deben ser permitidos a menos que se cuente con la aprobación del cliente.
- Los compuestos de curado deben cumplir con (NMX-C-403- ONNCCE-1999, ACI 308, ACI 305, ASTM C309).

3.3.2 Mezclas

La planta, equipos y materiales a ser utilizados deben cumplir con los requerimientos en los documentos aprobados, ACI 318 y con lo indicado en las especificaciones (*EMX-11-W-MPA05-CEP3-CE-001-EN, ES-B-GAS TURBINE GENERATOR FOUNDATION - GENERAL NOTES, MATERIALS, INFORMATION*) (*ver plano en anexo 1*).

Proporcionar concreto a densidad normal de acuerdo a ACI 318, NMX-C-155-ONNCCE-2014, NMX-C-156-ONNCCE-2010, NMX-C-403- ONNCCE-1999N, MX-C-083-ONNCCE-2002 y ASTM C39 / C39M – 05e, con las siguientes características:

- A). La resistencia a la compresión del concreto estructural ($f'c$ 300 kg/cm²).
- B). El tamaño máximo de agregado a 20 mm (Se buscó cambiar el diámetro del agregado, pero no fue aprobado por el cliente GE).
- C). La relación agua/ cemento debe ser igual a 0.60.
- D). El revenimiento de la mezcla, de acuerdo al proyecto, debe ser de 14 cm, en caso de utilizar otro revenimiento notificar al cliente y tomar las tolerancias del cuadro de revenimiento (*ver tabla 2*).

Tabla 2.- Revenimientos para concreto estructural	
Revenimiento nominal (cm)	Tolerancia (cm)
Menor de 5	± 1.5
De 5 a 10	± 2.5
Mayor de 10	± 3.5

- E). La masa unitaria del concreto debe estar entre 1,900 kg/m³ y 2,400 kg/m³.
- F). La temperatura del concreto, durante la fabricación y colocación en elementos con sección transversal no mayor a 30 cm, en estado fresco, no debe exceder de 32 °C, de acuerdo a ACI 318.
- G). Cemento tipo I.
- H). Frecuencias de muestreo, (*ver tabla 3*).

Tabla 3.- FRECUENCIAS MÍNIMAS DE MUESTREO EN OBRA	
PRUEBA Y MÉTODO	CONCRETO DOSIFICADO POR MASA
Revenimiento (NMX-C-156-ONNCCE)	En todas las entregas, o de acuerdo con especificaciones de obra.
Masa unitaria (NMX-C-162-ONNCCE)	Una por cada día de colado
Temperatura (NMX-C-435-ONNCCE)	En todas las entregas, o de acuerdo con especificaciones de obra.
Resistencia a la compresión (NMX-C-083ONNCCE)	Cada 40 m ³ o fracción
Resistencia a compresión en columnas y muros (NMX-C-083-ONNCCE)	Cada 14 m ³ o fracción

Nota del cliente GE: Los cilindros se ensayarán 3 muestras a 7 días y 3 muestras a 28 días según las especificaciones de proyecto. Los reportes deben ser emitidos por el laboratorio y entregados al Responsable de Calidad en la Obra para su revisión.

El resultado de la prueba debe indicar el nombre del proyecto, fecha del muestreo, nombre del proveedor, número de camión, identificación de la muestra, el técnico que realiza la prueba, fecha de envío a laboratorio y la localización exacta en la estructura del concreto muestreado.

La resistencia del concreto se considerará satisfactoria si los promedios de todos los juegos de cilindros de pruebas consecutivas para esa clase a una misma edad, igualan o exceden la resistencia especificada y que ninguna prueba individual su desviación sea mayor que 500 libras por pulgadas cuadradas (PSI) por debajo de la resistencia especificada de acuerdo a ACI 318-05.

El Inspector de Calidad verificará a través del laboratorio que los cilindros se descimbren dentro del tiempo establecido en el procedimiento del laboratorio y sean transportados a un tanque de almacenamiento de agua saturada para su curado.

De no cumplir con los requerimientos de resistencia será considerado como producto no conforme y se tomarán las medidas pertinentes.

3.2.3 Aditivos

Se pueden utilizar todo tipo de aditivos para concreto, desde aceleradores en clima frío, retardadores en climas cálidos, para dar un apropiado acabado al concreto y superplastificadores que cumplan con estas normas (ASTM C494 y/o C1017) con previa autorización del cliente, excepto que contengan cloruro de calcio.

3.4 PRELIMINARES DE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO

3.4.1 Autorización de colado

Una vez establecido los requisitos del proyecto, se notificará 48 horas antes del colado sobre la programación del concreto, que se realizará para los diferentes elementos de manera escrita, y se realizará la inspección 24 horas antes de la colocación del concreto, para la inspección de cimbra, refuerzo, método de colocación y la calidad del concreto a ser colocado. La colocación del concreto no debe comenzar antes de que esta inspección haya concluido.

Para las cimentaciones de las turbinas de gas se continúa con la autorización de colado contemplando los siguientes puntos:

- Examinar los planos para confirmar que sea la revisión que corresponda para construcción, así como las especificaciones civiles, arquitectónicas, mecánicas, calefacción y aire acondicionado, eléctricas y de control de instrumentos que pudieran afectar los trabajos de concreto. Cuidando de no omitir, interferir y/o afectar pasos operativos para instalaciones posteriores. Atención particular se debe poner sobre anclas, tubería y tubería Conduit localizadas en el concreto (embebidos).
- Se llevará a cabo una orden de colado con el fin de revisar los preparativos y condiciones del elemento que se deben cumplir para satisfacer la calidad indicada en el proyecto. Para el colado se realiza la autorización mediante el formato de nombre AUTORIZACIÓN DE COLADO (*ver anexo 2*) el cual firman: topógrafo, residente de obra civil, aseguramiento de calidad, contratista y el propietario (en caso de que aplique).
- Los requisitos que se tomarán en cuenta para la autorización son los siguientes: Inicialmente el topógrafo verificará la localización, alineamiento, elevaciones de nivel de desplante, acero, anclas y cimbra; después elabora el levantamiento

topográfico registrándolo en el reporte de trabajo de topografía (*ver anexo 3*), que se anexa a la autorización de colado.

- Si el elemento a colar requiere la aprobación de otra disciplina (hidráulica, eléctrica, etc.) Para asegurar la funcionalidad de su utilización, se llenarán los formatos con el supervisor de calidad de las pruebas hidrostáticas y eléctricas (*ver anexos 4 y 5*).
- Todo acero de refuerzo a ser utilizado contará con sus certificados de calidad para su instalación. Este debe estar totalmente libre de polvo, grasa, aceite, hielo o de otros recubrimientos nocivos que impidan su adherencia, además se debe verificar que su colocación sea correcta y firme, así como la colocación correcta de anclas y otros soportes.
- Las cimbras deben estar adecuadamente recubiertas con desmoldante, además de que se deben revisar los desplantes, la solidez y las dimensiones de la misma.
- Para todo caso en el que se considere realizar colados de elementos estructurales que estén en contacto directo con terreno natural, deberá preverse la utilización de membrana plástica en todo el contorno donde se genere contacto del elemento con el terreno natural, esta membrana deberá conservarse en buen estado tanto en superficies horizontales como verticales, libre de perforaciones y donde apliquen traslapes de la misma, deberá estar sellada con cinta antes de la colocación del concreto. Las características específicas de esta membrana serán definidas en las especificaciones de proyecto.
- Limpieza en el área a colar, deben retirarse todos los escombros de los espacios que serán ocupados en la elaboración del concreto o para el acceso a camiones revolvedoras.

- La superficie sobre la cual se vaciará debe de mantenerse húmeda, el agua en exceso debe ser retirada del lugar de colocación del concreto antes de depositarlo.
- Todo el equipo de mezclado y transporte debe estar limpio.

Nota: El proveedor del concreto tiene que demostrar que puede suministrar toda la cantidad de concreto que se necesita para colar el elemento, para así poder garantizar la terminación del colado, además debe tener un buen equipo dosificador, mezclador y el transporte adecuado del concreto en masa.

3.5 ANTES DE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO

- Se debe realizar una charla al personal de control de calidad de la contratista o subcontratista, hacia los coladores, antes de un colado, para describir los pasos a seguir, y poder lograr un colado sin consecuencias posteriores o durante el colado.
- Se deben mantener registros sobre el concreto colocado. Estos registros deben indicar fecha, localización del colado, cantidad, temperatura del aire y muestras tomadas. Se debe asegurar que el refuerzo e insertos no sean alterados durante la colocación del concreto.
- La consistencia del concreto se debe determinar por la prueba de revenimiento, conforme al método de prueba de las siguientes normas: Para normatividad NMX-C-156 y ACI 318: Tiro directo 10 ± 2 , bombeado sin aditivo 12 ± 2 , bombeado con aditivo 14 ± 3 , para colado con tubo Tremie⁷ 18 ± 2 (Figura 5).
- El revenimiento del concreto debe estar dentro de los valores permisibles, durante los primeros 30 min medidos a partir de su recepción en la obra. El período máximo de espera en el sitio de entrega es de 30 min, a la velocidad de agitación del camión revolador (de 2 rev/min a 6 rev/min). En caso de que la entrega se haga en equipo no agitador (camión de volteo o similar) puede reducirse el tiempo de espera, de común acuerdo entre el productor y el usuario.

⁷ El método Tremie, de llenado por flujo inverso, se usa en el hormigonado de elementos estructurales a los que no se puede acceder con facilidad, como, por ejemplo, pantallas y pilotes, especialmente en presencia del nivel freático o en excavaciones donde se empleen lodos de perforación. Con este procedimiento el hormigón se coloca mediante un tubo vertical de acero cuyo extremo superior tiene la forma de embudo. El extremo inferior del tubo se mantiene sumergido en el hormigón fresco sin contacto con el agua. Dr. Víctor Yepes Piqueras. (2014). Hormigonado con tubería Tremie. 5 de febrero del 2020, de Universidad Politécnica de Valencia Sitio web: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/tubo-tremie/>.

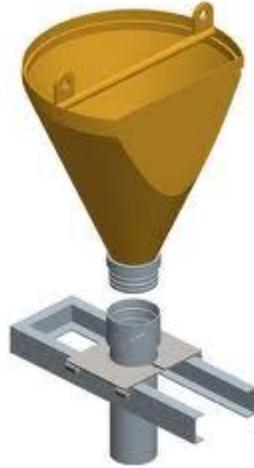


Figura 5.- Tubo Tremie. Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. Hormigonado con Tubería Tremie. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/tubo-tremie/>

- El ensayo de revenimiento debe realizarse dentro de los primeros 5 minutos después de haber tomado la muestra. Cuando se llega al lugar de la obra, si el revenimiento del concreto es menor que el solicitado, incluyendo su tolerancia, el productor puede agregar aditivo para obtener el revenimiento dentro de los límites requeridos, siempre y cuando el usuario esté de acuerdo, procediendo de remezclado para homogeneizar la mezcla.

Si existe duda sobre el valor obtenido, puede solicitarse un segundo ensayo, lo que debe hacerse dentro de los 5 min posteriores, con otra porción de la misma muestra u otra muestra de la misma entrega, la cual es definitiva para la aceptación o rechazo del concreto por parte del usuario.

En caso de una segunda falla, debe considerarse que el concreto no ha cumplido con los requisitos de esta especificación y el usuario se responsabiliza íntegramente de su utilización, en caso de aceptarlo.

Nota: En caso de que el revenimiento sea inferior al límite especificado, puede aceptarse el concreto si no existen dificultades para su colocación. No debe de añadirse agua a la revolvedora en el lugar de la obra.

- El concreto se debe depositar lo más cerca posible a su ubicación final para evitar la segregación⁸ debido al traspaleo.
- Durante la colocación, el lapso de tiempo transcurrido entre el mezclado y su colocación en la estructura, no debe exceder de 30 minutos para concreto hecho en obra.
- Cuando sea necesario o de acuerdo a las especificaciones del cliente, se puede utilizar bomba para la colocación del concreto. Esta se ubicará fuera de la zona de colocación para evitar que el concreto se dañe por efecto de vibración al operar dicho equipo.
- Cuando se solicite concreto premezclado, el camión revolvedora debe traer consigo la hoja de remisión indicando todas las características del concreto y la hora de salida de su planta, que se debe tomar en cuenta cuando llegue al sitio de colado en obra, ya que una vez que se agrega agua a la mezcla en su planta, se tienen aproximadamente 1 ½ horas para que se pueda utilizar. En el caso de que la distancia de traslado del concreto, sea mayor de los 90 minutos, la concretera es responsable del uso de aditivos que mantengan las características de maleabilidad y resistencia del concreto solicitado.
- En caso del uso de aditivos en la mezcla de concreto, estos serán libres de cloruros con el objeto de no afectar al acero de refuerzo.
- El colado se debe efectuar a tal ritmo que el concreto conserve su estado plástico en todo momento y se encuentre en un estado trabajable.

⁸ Separación entre agregados gruesos y finos. Ya sean porque se amontonan o porque se van al fondo de los elementos por la acción de la gravedad, esto produce lo que se llama cangrejas, generalmente se presentan porque las mezclas están muy secas. Ingeniería Civil. (2011). Segregación. 5 de febrero del 2020, de Ingeniería Civil Sitio web: <https://www.ingenierocivilinfo.com/2011/02/segregacion.html>.

3.6 DURANTE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO

- Una vez iniciado el colado, esto se deberá efectuar en una operación continua hasta que se termine todo el elemento o la sección, de acuerdo con sus propios límites o juntas predeterminadas.
- La caída libre del concreto no debe exceder de 1.5 m de altura, utilizando canalones, mangas flexibles, embudos, etcétera.
- La descarga del concreto debe efectuarse con una velocidad moderada para evitar la segregación de la mezcla.
- El vibrado del concreto se debe realizar con vibradores de diámetro adecuado para el lugar y el espacio que dejen las varillas.
- Para compactar completamente el concreto, el operador del vibrador debe asegurarse de que el campo de acción se traslape de un punto de inserción a otro y deberá permanecer en el concreto hasta que la superficie del campo de acción adquiera brillo. El vibrador acomoda el concreto eliminando los vacíos, la penetración debe ser vertical y espaciada de 15 a 18 cm. Dependiendo del diámetro del vibrador a utilizar, penetrando en la capa inferior 10 cm, y retirándolo lentamente. No se permite que el vibrador permanezca en un mismo lugar por más de 10 s. Finalmente, cualquier colado en el interior de los moldes no se lleva a cabo sin el empleo de vibradores. Además, se debe tener un equipo de apoyo por cada dos equipos durante el colado.
- Mediante el uso de vibradores de inmersión se asegura un acomodo correcto de la mezcla. Cuando las secciones sean demasiado angostas o donde por excesivo refuerzo no se pueda usar vibradores de inmersión, se podrá emplear vibrado de molde.

- Se debe evitar el vibrado excesivo para impedir cualquier segregación de la mezcla, así como el contacto directo de los vibradores con el acero de refuerzo. Se empleará un número de vibradores acorde con el volumen de concreto a fin de garantizar una adecuada y completa distribución y compactación.
- El concreto aplicado a muros o cimentaciones de gran altura y tamaño debe ser depositado con trompas de elefante u otro medio que evite la segregación del agregado y huecos apanalados.
- Con respecto al acabado superficial de una losa: Se usará una regla rígida y recta (la cual puede ser vibradora), que cubra el ancho de las losas, cuidando de no dejar protuberancias o concavidades en las superficies. Para el aplanado se deben usar alisadores de magnesio de mango largo y llanas de magnesio para las orillas; posterior a esto, si se requiere un acabado pulido será con pulidoras mecánicas y llanas de acero de crisol para las orillas.
- El supervisor de construcción dará las instrucciones a su personal donde apliquen e inmediatamente cuando se termine el acomodo del concreto en el elemento, se inicien las actividades de acabado e inmediatamente al termino de éstas se dé inicio a las actividades de curado con el propósito de proteger la superficie del concreto de la acción directa de los rayos solares y de la sequedad producida por vientos cálidos o perdida excesiva de agua.

Nota: Para bajar la temperatura del concreto a colocar, el uso de hielo escarchado como parte de la mezcla puede ser permitido previa autorización del cliente. En temporada de lluvia deben existir condiciones de protección (seguridad) para evitar el almacenamiento de agua en el área de colado o baja resistencia de la mezcla original del concreto. No se colocará concreto durante lluvias fuertes o prolongadas para evitar el arrastre del mortero o lechada.

3.7 Recomendaciones para colocación de concreto en clima caluroso

Debido a que el clima caliente afecta las propiedades del concreto fresco de muchas maneras, la mayoría de los casos puede conducir a problemas, a menos que se tomen las medidas necesarias para evitarlos, ya que el concreto tiende a hacerse rígido más rápido en clima caliente que a temperaturas más frías. Las medidas son las siguientes:

- Usar materiales y proporciones de concreto que hayan sido efectivas bajo condiciones de clima caliente.
- Usar concreto que se haya enfriado.
- Usar una consistencia del concreto que permita la colocación rápida y la compactación efectiva.
- Transporte, coloque, compacte y realice el acabado del concreto con el menor retraso posible.
- Planee el trabajo para reducir la exposición a las peores condiciones ambientales; por ejemplo, programe el colado en la noche o a otras horas cuando las condiciones sean más favorables.
- Proteja contra pérdida de humedad en todo momento durante la colocación y el curado.

3.8 Otras recomendaciones para colocación de concreto

Cuando se vacía concreto fresco sobre concreto endurecido, se precisa una adherencia adecuada y una junta hermética para lo cual deben llevarse a cabo las siguientes indicaciones:

- Se deberá escarificar la superficie picándola para remover la lechada o quitar capa superficial con un mínimo de 6 mm, o hasta que quede expuesto el agregado grueso y la superficie se vea limpia y sana.
- Para adherencia se recomienda mantener la superficie húmeda 2 horas, como mínimo y colocar un adhesivo epóxico o lechada (agua-cemento, fabricar un mortero con características del concreto especificado, el cual se extiende en la superficie a través de una capa de 1 cm), para adherir concreto viejo con nuevo antes de vaciar concreto y cuando se establezca por especificación del plano o recomendaciones del cliente (se debe utilizar un aditivo de características adhesivas epóxicas de marca reconocida (Sika, Fester o similar), para aplicarse antes de recibir el concreto fresco.

3.9 Métodos de curado

El curado de concreto se realiza por medio de humedad o la aplicación de un producto de membrana, de acuerdo con la especificación del proyecto y las recomendaciones del fabricante.

Algunos de los métodos de curado se recomiendan a continuación:

Encharcamiento: Uno de los mejores métodos de curado es cubrirlo con agua, en tanto que no se dañe la superficie por la aplicación del agua. El curado a base de agua, en superficies horizontales, como mínimo se debe realizar durante 7 días consecutivos.

Rociador o atomizador de niebla: Cuando el agua que corra fuera del concreto no cause daño al concreto, como por ejemplo con cocheras, patios u otras áreas pequeñas, pueden usarse los rociadores para césped para curar el concreto. La aplicación de spray de niebla también es buena, especialmente en clima caliente.

Arpilleras o lonas mojadas: El concreto también puede curarse cubriéndolo con arpillera, sábana, esteras de algodón o lonas mojadas. Estos materiales deben mantenerse mojados durante todo el periodo de curado.

Arena mojada: Los materiales sueltos y húmedos tales como arena o tierra pueden usarse para curar losas o zapatas de concreto. También se usa aserrín, paja o heno mojado (pero a veces manchan la superficie).

Papel impermeable o película plástica: Se usa papel impermeable hecho de dos capas de papel pegadas con asfalto y reforzado con fibras.

La película plástica debe ser al menos de 0.1 mm de grueso y puede ser clara, blanca o negra. Para el clima caliente, es mejor el color blanco porque refleja el calor; el negro es mejor para el frío, porque absorbe el calor.

Compuestos de curado: Los compuestos de curado contienen ceras, resinas y solventes de alta volatilidad. Cuando se aplican a la superficie de concreto, los compuestos forman una película que sella la humedad.

NOTA: Para los casos de superficies inclinadas y verticales, el curado debe realizarse mediante el uso de membranas de curado con base acuosa color blanco (se aplica en el número de capas y rendimiento conforme a recomendación del fabricante) la aplicación del producto se hace inmediatamente después de retirarse el molde de la cimbra, la superficie se humedece completamente con agua y la membrana de curado se aplica tan pronto como el agua libre desaparezca.

3.10 Remoción de cimbra

Las cimbras que no soportan cargas y cuya función son de confinamiento no deberán ser removidas antes de 12 horas, como mínimo después de concluida la colocación del concreto.

CAPITULO 4

4.1 RESULTADOS Y EXPERIENCIAS

- Se realizó una charla de 10 minutos con el personal del colado (coladores, albañiles y ayudantes) antes del colado de la cimentación de la turbina de gas de la unidad 12, en la charla se tomaron en cuenta los cuidados que se deben llevar a cabo durante el colado como son: Tener el equipo adecuado para el vibrado y acabado, vibrar el concreto correctamente, vaciar el concreto despacio y cuidando que la cimbra no sufra deformaciones en la colocación de concreto. Esto ayudó al personal de la colocación de concreto, mejorará principalmente su proceso de colocación; durante la charla se escucharon algunas opiniones del personal de colados, donde hacían mención, de que el concreto llegaba con un rendimiento menor a lo estipulado en proyecto, que eso dificultaba su manejo y por lo tanto también su colocación. (*ver figura 6*).



Figura 6.- Charla de calidad antes de la colocación de concreto. Fuente propia.

- Se realizó una inspección antes del colado en conjunto con la supervisión de calidad y construcción del cliente GENERAL ELECTRIC y el subcontratista COCONAL, de la cimentación de la turbina de gas de la unidad 12, para su autorización de colado, donde se revisaron los traslapes de varillas, diámetros del acero, recubrimientos de cimbra, apuntalamientos, troqueles, niveles y ejes topográficos, colocación de

embebidos como son: Tubos de acero, sistemas de tierras, placas de acero, anclas y juntas de construcción, etc. Con eso se evitó tener problemas como deformaciones de la cimbra, errores de traslapes o que faltase una pieza en su colocación; principalmente se pudo liberar el elemento para su colocación de concreto. (ver figuras 7 y 8).



Figura 7. Inspección de acero, cimbra, ductos y aterrizajes eléctricos para autorización de colado con personal de GENERAL ELECTRIC y COCONAL. Fuente propia.

Figura 8. Inspección topográfica para autorización de colado con personal de GENERAL ELECTRIC y COCONAL. Fuente propia.



- Se supervisó al

personal de

laboratorio de materiales y geotecnia PRESTEC al realizar las pruebas de revenimiento, revisión de temperatura y tomas de muestra del concreto al llegar en el sitio de la obra, así como los ensayos de compresión de las muestras de cilindros de concreto de $f'c$ 300 kg/cm². Ayudó a que se verificara que el concreto llegara con las condiciones óptimas para su colocación y se comprobara la resistencia que se pidió en planta (ver figuras 9 y 10).



Figura 9. Prueba de revenimiento. Fuente propia.



Figura 10. Prueba de compresión. Fuente propia.

- Se verificó que el personal compactara completamente el concreto, asegurando que al operador del vibrador llevara un correcto campo de acción de traslape de un punto de inserción a otro, eliminando los vacíos y penetrando en la capa inferior 10 cm, y retirándolo lentamente (ver figuras 11 y 12).



Figura 11. Supervisión al personal al vibrar el concreto en colado en día. Fuente propia.

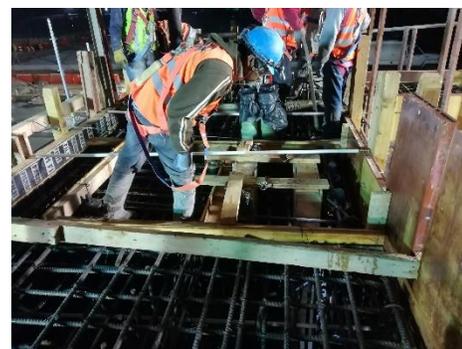


Figura 12. Supervisión al personal al vibrar el concreto colado en la noche. Fuente propia.

- Se utilizó un tubo Tremie para colocar el concreto en las cimentaciones de las turbinas de gas, esto ayudó a que el concreto se lograra colocar a una altura que no afecte su caída y no se segregue el concreto fresco. Al descimbrar el elemento se observó que el elemento no sufrió ninguna deformación y su acabado fue de buena calidad. (ver figura 13).

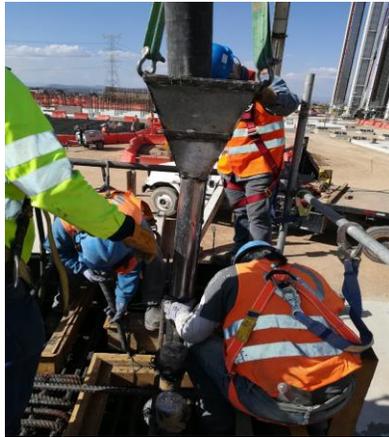


Figura 13. Colado con el tubo Tremie. Fuente propia.

Llevar a cabo los pasos de esta propuesta, ayudó principalmente a que el colado de las cimentaciones de las turbinas de gas de la central termoeléctrica mejorara rotundamente su calidad y el cliente se sienta satisfecho por los resultados logrados al concluir, fijándose como primera instancia en el acabado después de descimbrar el molde de las cimentaciones (ver figuras 14 y 15).



Figura 14. Cimentación de la turbina después de colar. Fuente propia.



Figura 15. Cimentación de la turbina después de descimbrar. Fuente propia.

Recomendación: Si la subcontratista o contratista verifica que los problemas de colocación de concreto siguen persistiendo, se recomienda contratar a un asesor para darles un curso **de los trabajos de concreto** a todo su personal de construcción, calidad y mano de obra, para así tener una mejora en su proceso de colocación de concreto en cimentaciones o donde se requiera la colocación del concreto.

CONCLUSIÓN

La generación de energía en México depende de factores económicos, sociales y políticos. Crear energía a través de la utilización de combustibles naturales hace que el costo de la construcción de la central termoeléctrica sea más barato que otra planta que genere electricidad, este tipo de obras en México, hace crecer el nivel de calidad de vida de su población, desarrollando la economía y los medios de comunicación. En otra parte, como sector de ingeniería, la construcción de este tipo de obras en el país, al ser nueva, se hace un proceso complicado, ya que los estándares de calidad, seguridad y medio ambiente, hacen una complicidad en su proceso de construcción, que van desde el cuidado de una planta, hasta la seguridad del personal en cada proceso de su labor, limpieza del sitio, y entregarle los trabajos cumpliendo con las garantías pactadas.

De acuerdo a la tesina realizada: “Colocación de concreto en las cimentaciones de las turbinas de gas de la Central Termoeléctrica Energía del Valle de México, EVM II”, puedo describir, de acuerdo a la problemática de colocación de concreto, que fue corregido de cierta manera, al obtener excelentes resultados en la colocación de concreto en las cimentaciones de la turbina de gas de la unidad 11, de la Central Termoeléctrica EVM II, pero no fue en su caso de los otros elementos que conforman la central termoeléctrica, eso hace que se deban realizar unos posibles ajustes o análisis más profundos en esta tesina, Como un ejemplo, en el área de transformadores, en los muros que tienen una altura de 10 metros y un ancho de 50 cm, se presentaron hormigueros (honeycomb) después del colado de los muros.

Como ingeniero civil, trabajar en una central termoeléctrica es una experiencia asombrosa, los conocimientos y las experiencias que se obtienen son diversas, cada día las innovaciones en el sector de construcción van de la mano con la tecnología y también cambiando su proceso de construcción, cuidando los estándares de calidad, seguridad y

medio ambiente. Ayudar a generar una propuesta en un tema de problemática como es la colocación de concreto es las cimentaciones de la central termoeléctrica EVM II, me hace una persona que colabora y coadyuva en generar soluciones en el proceso de construcción de una central eléctrica, que brindará sus servicios al pueblo mexicano y además, dicha construcción ayudará a abastecer a los lugares que aún no tienen electricidad, a los pueblos alejados de la ciudad de México, y aún le da más sentido ejercer la profesión de Ingeniero Civil.

Como la visión de la Facultad de Ingeniería de la UNAM es “Generar recursos humanos en ingeniería con una formación integral de excelencia académica, con un sentido ecológico, ético y humanista, que los compromete a mantenerse actualizados permanentemente, capaces de resolver problemas de forma creativa e innovadora en el ámbito de su competencia, así como de realizar investigación científica y aplicada acorde a las necesidades de la sociedad y de impacto en el desarrollo nacional”; contribuir en dar soluciones a problemas que se nos presentan cada día en nuestra existencia nos hará una persona con conocimientos humanistas y sobre todo, que toda obra se realice de tal manera que beneficie al pueblo mexicano al ir avanzando como sector de construcción, utilizando todos los medios para desarrollarse como país, evitando los errores cometidos en el pasado.

ANEXO 2. HOJA DE AUTORIZACIÓN DE COLADO.

	Reporte de Inspección de Autorización de Colado		No. Formato: F-GEC2-CTPR00006-TRP-001 A
			N° Reporte: 00-UYC-AC-006
			Fecha: 22/04/2019
CENTRAL ELECTRICA DE CICLO COMBINADO EVM II			

ELEMENTO A COLAR: LOSA DE PISO		f'c = 300 kg/cm ²	PLANO: EMX-00-W-UYC---CEP6-CE-001		
No. ITP: GEA2-CTTB00001		REVENIMIENTO: 14 cm	VOLUMEN TEÓRICO: m ³		
UBICACIÓN DEL ELEMENTO: PLATAFORMA 2.		TEMPERATURA MÁX. PERMISIBLE: °C			
I T E M	CHECKLIST	A	R	N/A	OBSERVA/CIONES
1	EL ELEMENTO TIENE EL NUMERO DE VARILLAS, DIAMETRO Y GRADO DE ACERO ESPECIFICADO EN LOS PLANOS.				
2	LA ALINEACION VERTICAL Y HORIZONTAL DEL ACERO CUMPLEN CON LA TOLERANCIA PERMISIBLE ASI COMO SU LONGITUD (NO PRESENTA PARTES TORCIDAS).				
3	LOS TRASLAPES, CORTES Y CONECTORES SON LOS ESPECIFICADOS Y SE HAN REALIZADO DE MANERA ADECUADA.				
4	EL ACERO SE ENCUENTRA LIMPIO, LIBRE DE ACEITE, GRASA, ESCAMAS Y CORRECTAMENTE AMARRADO.				
5	EL ACERO DE REFUERZO SE ENCUENTRA CORRECTAMENTE CALZADO O CON SEPARADORES FIRMEAMENTE SUJETADOS RESPETANDO EL RECUBRIMIENTO MINIMO.				
6	EXISTEN EMBEBIDOS Y/O CAMISAS CORRECTAMENTE LOCALIZADOS, PLOMEADOS Y FIJADOS DE ACUERDO A PLANO (CIVILES, ELECTRICOS, MECANICOS, TUBERIA, INSTRUMENTACION)				
7	EL SISTEMA DE CIMBRADO ES ADECUADO: DIMENSIONES, ALINEACION, NIVELES, CHAFLANES, CIMBRA DE CALIDAD, SUPERFICIE DE CONTACTO LIMPIA Y CURADA.				
8	ESTABILIDAD DE LA CIMBRA: CORRECTAMENTE FIJADA Y TROQUELADA.				
9	SE USAN REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS PARA DAR NIVEL AL ELEMENTO AL MOMENTO DE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO.				
10	SE CUENTA PLASTICO BLANCO O TRANSLUCIDO, AGUA Y/O MEMBRANA DE CURADO PARA CURAR EL ELEMENTO INMEDIATAMENTE DESPUES DE TERMINAR EL ACABADO O DESCIMBRAR.				

A = ACEPTABLE R = RECHAZADO N/A = NO APLICA M

SUPERVISA	SUPERVISA	APRUEBA	APRUEBA	EVM
_____ NOMBRE Y FIRMA TOPOGRAFIA	_____ NOMBRE Y FIRMA CONSTRUCCIÓN	_____ NOMBRE Y FIRMA CALIDAD COCONAL	_____ NOMBRE Y FIRMA CONTRATISTA G.E.	_____ NOMBRE Y FIRMA PROPIETARIO
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:

Hoja 1 de 1
ADJUNTAR CROQUIS Y PLANOS DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- Azael Fernando Mendoza Tovar, H. S. (2018). La ingeniería civil en México. *Revistas y boletines científicos*, 5.
- caminos, i. d. (s.f.). *Tipos de Cimentaciones*. Obtenido de Tipos de Cimentaciones: <https://ingeniero-de-caminos.com/tipos-de-cimentaciones/>
- Centrales electricas*. (22 de junio de 2010). Obtenido de Foro de la Industria Nuclear Española: <https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqs-sobre-energia/capitulo-8/115752-ique-es-una-central-electrica>
- Centrales Termicas de CICLO COMBINADO*. (11 de Octubre de 2019). Obtenido de <http://www.cicloscombinados.com/index.php/1-las-centrales-de-ciclo-combinado>
- Chemical Processing. (13 de 04 de 2018). *Chemical Processing*. (A. Almasi, Productor) Obtenido de Chemical Processing: <https://www.chemicalprocessing.com/articles/2018/understand-industrial-wastewater-treatment/>
- Ciclos Combinados. (2014). *Ciclos Combinados*. (R. T. S.L, Editor, & JoomShaper, Productor) Obtenido de Ciclos Combinados: <http://www.cicloscombinados.com/index.php/turbinas-de-gas/las-turbinas-de-gas>
- DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. (2014). *DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS.COM*. Obtenido de DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS.COM: <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/transformadores-electricos>
- ENERGIA NUCLEAR. (17 de 03 de 2017). *ENERGIA NUCLEAR*. Obtenido de ENERGIA NUCLEAR: <https://energia-nuclear.net/funcionamiento-central-nuclear/central-nuclear/generador-electrico>
- Foro Nuclear*. (22 de junio de 2010). Obtenido de Foro de la Industria Nuclear Española: <https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqs-sobre-energia/capitulo-8/115752-ique-es-una-central-electrica>

Frames group. (1999). *Frames group*. Obtenido de Frames group: <http://www.frames-group.com/Products/Fuel-Gas-Treatment>

INEGI. (2009). *Instituto Nacional de estadística y Geografía*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/parque/electricidad.html>

Lean Manufacturing 10. (2012). Obtenido de <https://leanmanufacturing10.com/centrales-electricas-como-funcionan-y-tipos-de-centrales-electricas>

Montoya Javier, Pinto Vega Francisco . (2010). *Cimentaciones*. Merida: Universidad de Los Andes.

opex energy. (2015). *Grupo deenma*. Obtenido de http://opex-energy.com/ciclos/calderas_hrsg.html

plantas de cogeneracion. (2013). *Revonotec*. Obtenido de Revonotec: <http://www.plantasdecogeneracion.com/index.php/turbinas-de-vaporv>

RADIO, I. (03 de 11 de 2019). *IMAGEN RADIO*. Obtenido de IMAGEN RADIO: <https://www.imagenradio.com.mx/aqui-estan-las-hidroelectricas-y-termoelectricas-de-mexico#view-1>

spgdrycooling. (20 de diciembre de 2017). *spgdrycooling*. Obtenido de spgdrycooling: <https://spgdrycooling.com/news/how-does-an-air-cooled-condenser-work/>

sulzer. (03 de abril de 2017). *sulzer*. Obtenido de sulzer: <https://www.sulzer.com/es-es/shared/applications/2017/04/03/12/40/boiler-feed-water-and-booster-pumps>

Ucha, F. (octubre de 2013). *Definición ABC*. Obtenido de Definición ABC: <https://www.definicionabc.com/general/ingenieria-civil.php>