



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

SUPERVISIÓN AL MONTAJE DE AEROGENERADORES EN LAS CENTRALES EÓLICAS A CARGO DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC

INFORME DEL EJERCICIO PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

SERGIO ALFREDO RODRÍGUEZ CAMPOS

ASESOR: ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO





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.

INDICE

I.- Introducción.	1
II.- Área laboral.	3
III.- Descripción de un parque eólico.	13
IV.- Descripción de los proyectos eólicos en los cuales he colaborado.	31
V.- Actividades realizadas durante la supervisión al montaje de aerogeneradores.	42
VI.- Conclusiones.	62
VII.- Fuentes de consulta.	65
Listado de fotos.	66
Listado de diagramas y planos.	67
Listado de tablas.	68
Abreviaturas / siglas.	69

I.- INTRODUCCIÓN

En el año 2001 concluídos mis estudios y como siguiente paso a mi formación, preste mi servicio social en el departamento eléctrico de la coordinación de proyectos termoeléctrico (CPT) de la comisión federal de electricidad (CFE). Es en esta empresa donde se me abren las puertas al ámbito laboral brindándome la oportunidad de trabajar como supervisor de construcción.

Los conocimientos adquiridos al cursar la carrera de ingeniería mecánica eléctrica fueron de gran importancia, ya que me ha permitido desempeñarme y desarrollarme en el ámbito laboral, ayudándome a interpretar, entender y comprender los sistemas, procesos, actividades, diagramas, planos, normas, procedimientos, especificaciones, equipos y componentes que conforman una central generadora de energía eléctrica.

La capacitación que me ha brindado la empresa en cuanto a la forma de trabajo de la Comisión Federal de Electricidad y en particular en la residencia de obra de un proyecto en construcción, han sido conocimientos complementarios para formar criterios y argumentos necesario para realizar mis actividades de supervisión en la jornada laboral del día a día, resultando, dependiendo de la actividad se tiene la aceptación, validación, verificación, atestiguamiento y/o corrección, de un sistema, proceso, actividad, tarea, montaje de equipo o componente, que se llevan a cabo durante el desarrollo de la construcción de una central de generación eléctrica.

Es muy impórtate para mí dejar plasmado en este documento la experiencia y el desarrollo profesional que he tenido durante estos años de trabajo como supervisor de construcción de una central de generación eléctrica. Dando a conocer las tareas que desempeño durante mi jornada laboral para preparar, ejecutar y reportar una supervisión, esperando que sea una ayuda para los alumnos que recién están terminando su formación académica y que puedan tener un idea de las actividades que puede desarrollar un Ingeniero en el mundo laboral y en este caso particular en el área de la construcción.

II.- ÁREA LABORAL

En el año 2001 ingreso como supervisor de construcción en la residencia de obra de la central de ciclo combinado denominada CC Campeche que se encuentra ubicada al sureste en el límite, de los estados de Tabasco y Campeche adscrita a la Residencia General de Construcción IV de la coordinación de proyectos termoeléctricos de la comisión federal de electricidad.

La Coordinación de proyectos termoeléctricos (*CPT*) es una entidad perteneciente a la Subdirección de Proyectos y Construcción de la Comisión Federal de Electricidad. Su función principal es la de contribuir con el desarrollo de infraestructura para el aprovechamiento de combustibles fósiles en Centrales termoeléctricas, así como al desarrollo de infraestructura eléctrica para el aprovechamiento de las energías renovables como son la eólica, geotérmica y solar.

Por otra parte en el sector energético del país participa en el desarrollo de infraestructura asociada a la generación eléctrica como las terminales de almacenamiento y distribución de gas natural, gasoductos, terminales de recibo y manejo de carbón, muelles, caminos y puentes de accesos.

De conformidad con lo establecido en el programa de capacidad de la CFE y sus sistemas de gestión de la calidad, ambiental, seguridad y salud en el trabajo (*SGCPASI*) el cual se encuentra certificado bajo las normas NMX-CC-9001-IMNC-2008 referente a la calidad, NMX-SAA-14001-IMNC-2004 referente al medio ambiente y la NMX-SAST-001-IMNC-2008 referente a la seguridad y salud en el trabajo, respectivamente.

Para ello se apega a lo indicado en su política de gestión integral y que a la letra dice lo siguiente:

“Desarrollar nuestros proyectos aplicando sistemas certificados de gestión de localidad, ambiental y de seguridad y salud en el trabajo, con un enfoque hacia la mejora continua y la responsabilidad social, para proveer una infraestructura segura y confiable a nuestros clientes.”

En el siguiente diagrama se puede apreciar parte de la organización interna de la comisión federal de electricidad y en particular la ubicación de la residencia de obra sureste I, fase II donde actualmente es mi centro de trabajo y la cual pertenece a la coordinación de proyectos termoeléctricos.

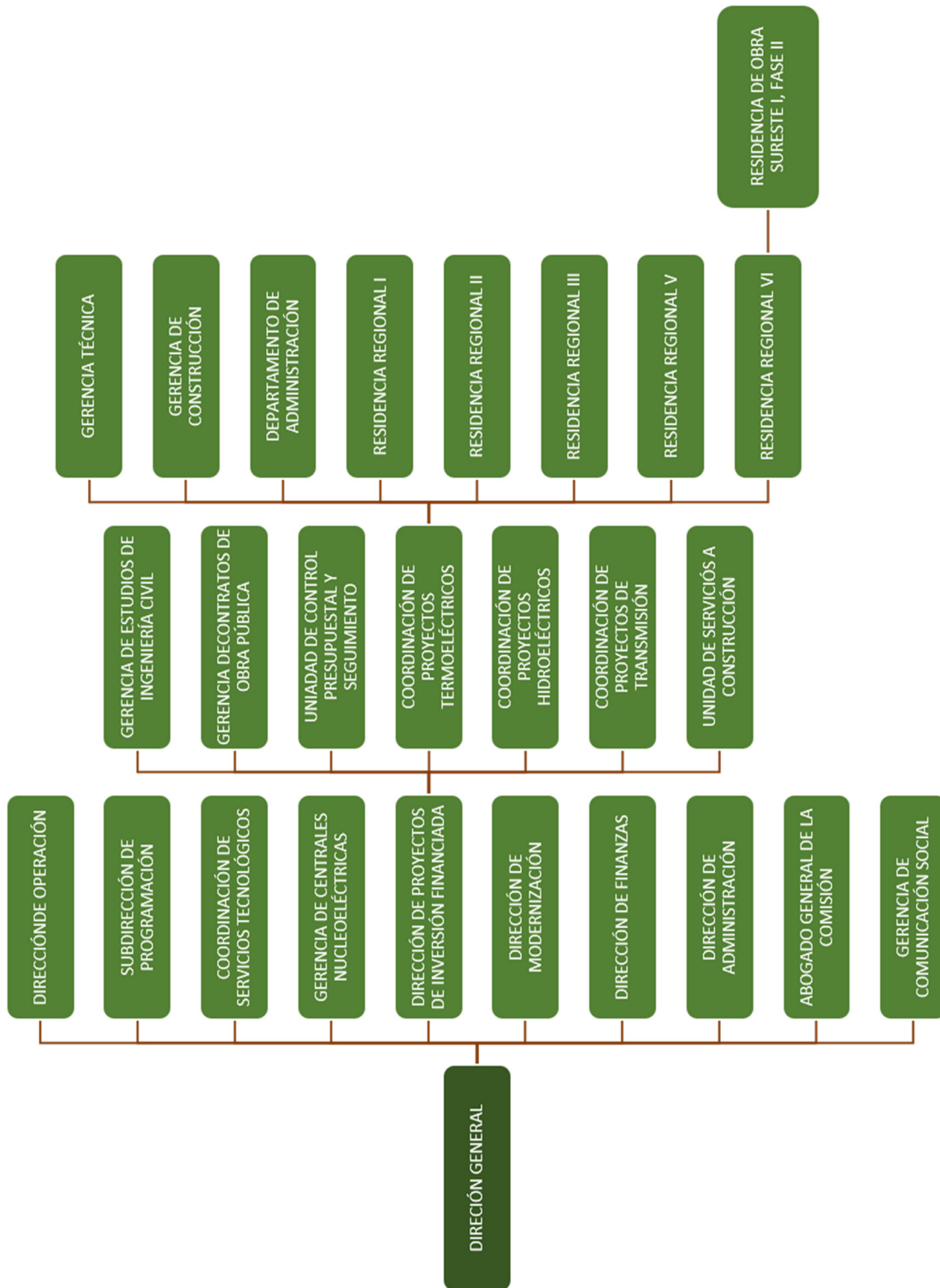


Diagrama 1.- Organigrama de la comisión federal de electricidad.

Las infraestructuras para la generación eléctrica se identifican dentro del sistema de gestión integral de la Coordinación de proyectos termoeléctricos como Productos y se desarrollan mediante bajo los siguientes esquemas de contratación de la CFE:

- 1) Desarrollo de Proyectos de infraestructura de generación de energía eléctrica bajo la modalidad de *Obra-Pública-Financiada (OPF)*, realizadas mediante procesos de licitación y con recursos presupuestales o extra-presupuestales.
- 2) Desarrollo de Proyectos de ampliaciones de Centrales Termoeléctricas, realizadas mediante procesos de licitación y con recursos presupuestales o extra-presupuestales.
- 3) Desarrollo de proyectos de *Rehabilitación y Modernización* de Centrales en operación (*RM*), así como los proyectos de mejora a centrales en operación.
- 4) Desarrollo de Proyectos de disponibilidad de capacidad de generación y compraventa de energía eléctrica proveniente de *Productores Externos de Energía (PEE)*, adquirida mediante procesos de licitación y con recursos extra-presupuestales.
- 5) Desarrollo de Proyectos de suministro de servicios asociados a la generación, realizados mediante contratos de *Prestación de Servicios (PS)* bajo diversas modalidades.
- 6) Desarrollo y/o supervisión de proyectos diversos completos o parciales para entidades externas a CFE, como centrales de cogeneración e infraestructura vial y carretera.

Una vez terminada su etapa de construcción y puesta en servicio son entregados a las áreas responsables denominados clientes, para su operación y administración del contrato de conformidad con el producto o servicio que se entrega, la cartera de clientes es la siguiente:

- 1) La Coordinación de Generación Termoeléctrica, para Proyectos de Centrales de Generación Termoeléctrica nuevas y Proyectos *RM*'s.
- 2) Gerencia de la División de Administración de Contratos con *Productores Externos de Energía (DACPEE)*, perteneciente a la Subdirección de Generación, para Proyectos de Centrales de Generación de Productores Externos de Energía.

- 3) La Subdirección de Energéticos, para Proyectos de Prestación de Servicios, ya sea de transporte de combustibles (gas natural y carbón, entre otros) o almacenamiento de combustibles (terminales de almacenamiento de carbón y gas natural).
- 4) La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, para proyectos geotérmicos y eólicos.
- 5) La Gerencia de Ingeniería Civil de la Subdirección de Generación, para Proyectos de Mejora a Centrales en operación.
- 6) Otras entidades externas a CFE, como PEMEX Gas y Petroquímica Básica; la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; estados y municipios de la República, para proyectos diversos.

Para llevar a cabo el desarrollo de la infraestructura de generación de energía eléctrica se toman en cuenta las características y alcance de cada producto, mismos que se planifican en dos etapas y que a continuación se describen:

- 1) Anteproyecto, Cuyo objeto principal es realizar la gestión y las actividades para la preparación de la licitación de la infraestructura de generación de energía eléctrica. La etapa de anteproyecto se subdivide en las siguientes fases:
 - a) Selección de Sitio.- Su propósito es procurar el lugar que reúnan las mejores condiciones para la instalación de la infraestructura eléctrica, realizando los siguientes trabajos:
 - i) Exclusión.- Establecimiento de áreas potenciales donde es factible la instalación de infraestructura.
 - ii) Identificación y evaluación.- Recopilación de información necesaria para la evaluación integral del sitio para saber, si es adecuada o no, el sitio para la instalación de la infraestructura.
 - iii) Caracterización.- En este proceso se recaba e integra la información de las características específicas del predio, necesarias para el diseño de la infraestructura.

- iv) Desarrollo de la ingeniería básica del proyecto para su licitación.- Tiene como propósito especificar la ingeniería básica preliminar para la licitación de la infraestructura eléctrica.
 - v) Proceso de Licitación y Fallo.- Su propósito es llevar a cabo el proceso de evaluación de propuestas de licitantes y obtener un fallo para la adjudicación del contrato de ejecución de los proyectos de infraestructura eléctrica.
 - vi) Formalización del Contrato del Proyecto.- Tiene el propósito de llevar a cabo, a partir del fallo, la adjudicación y firma de contrato para ejecución de los proyectos de infraestructura eléctrica con el Licitante Ganador de la licitación.
- 2) Proyecto.- Es la construcción del proyecto por parte del licitante ganador y, por parte de la CPT, realizar la supervisión técnica a la construcción del proyecto y el seguimiento de los compromisos establecidos en el contrato correspondiente. vigilando que en cada etapa se cumpla estrictamente las normas técnicas, de calidad, ambiental y de seguridad nacional aplicables y la normativa internacional donde proceda, así como las buenas prácticas de la ingeniería, que garanticen el adecuado desarrollo de la Ingeniería de detalle, la construcción, pruebas y puesta en servicio, hasta la entrega de una Central de generación eficiente, segura y confiable.

Para ello se establecen los siguientes procesos operativos principales:

- a) Administración del Contrato.- Que consiste en hacer el seguimiento de todos los compromisos establecidos en el Contrato, tales como cumplimiento de eventos críticos, penalizaciones, garantías, etc.
- b) Supervisión del Proyecto en las fases de ingeniería, construcción, pruebas y puesta en servicio. - Que tiene el propósito hacer la supervisión técnica del Proyecto en las distintas etapas de ejecución como son: ingeniería, construcción, pruebas y puesta en servicio, con base en la normativa aplicable y contractualmente establecida.

- c) Entrega de la central u obra asociada o la entrega de la Administración del Contrato, según la modalidad de Contrato.- Que consiste en la formalización de la entrega de la infraestructura de generación al Área de Generación correspondiente y seguimiento al Contrato y atención a pendientes durante el año de garantía (Proyectos OPF). O bien la transferencia de la responsabilidad del Contrato de la infraestructura a la DACPEE (Proyectos PEE) o a la Subdirección de Energéticos (Proyectos PS).

Para asegurar que los productos se desarrollan de forma controlada se ha implementado mediante el sistema de gestión integral los siguientes subprocesos principales:

- 1) Seguimiento de compromisos contractuales.
- 2) Supervisión de la ingeniería.
- 3) Supervisión de la construcción.
- 4) Supervisión de las pruebas y puesta en servicio.

Estos subprocesos incluyen actividades de verificación, inspección, revisión, vigilancia, supervisión, atestiguamiento de pruebas y auditorías. Mediante estas actividades se asegura que el licitante ganador tenga implementado instrucciones para el control del proceso, procedimientos y listas de verificación, que consideren lo siguiente:

- 1) Secuencia de operaciones constructivas.
- 2) Tipos de equipos.
- 3) Ambiente de trabajo.
- 4) Métodos de trabajo.
- 5) Sistema de prevención de eventos y respuesta a emergencias.
- 6) Puntos de control, prueba e inspección.
- 7) Estándares de trabajo.

Con la formalización del contrato la coordinación de proyectos termoeléctrico mediante su residencia generala establece una residencia de obra a quien delega y faculta para supervisar el proceso constructivo de un proyecto de conformidad con los programas, presupuestos y especificaciones aprobadas.

Dando un seguimiento de las características a los elementos tangibles del proyecto, verificando que se cumplen los requisitos relacionados con el mismo, la forma de seguimiento, es la observación y el análisis comparativos de datos.

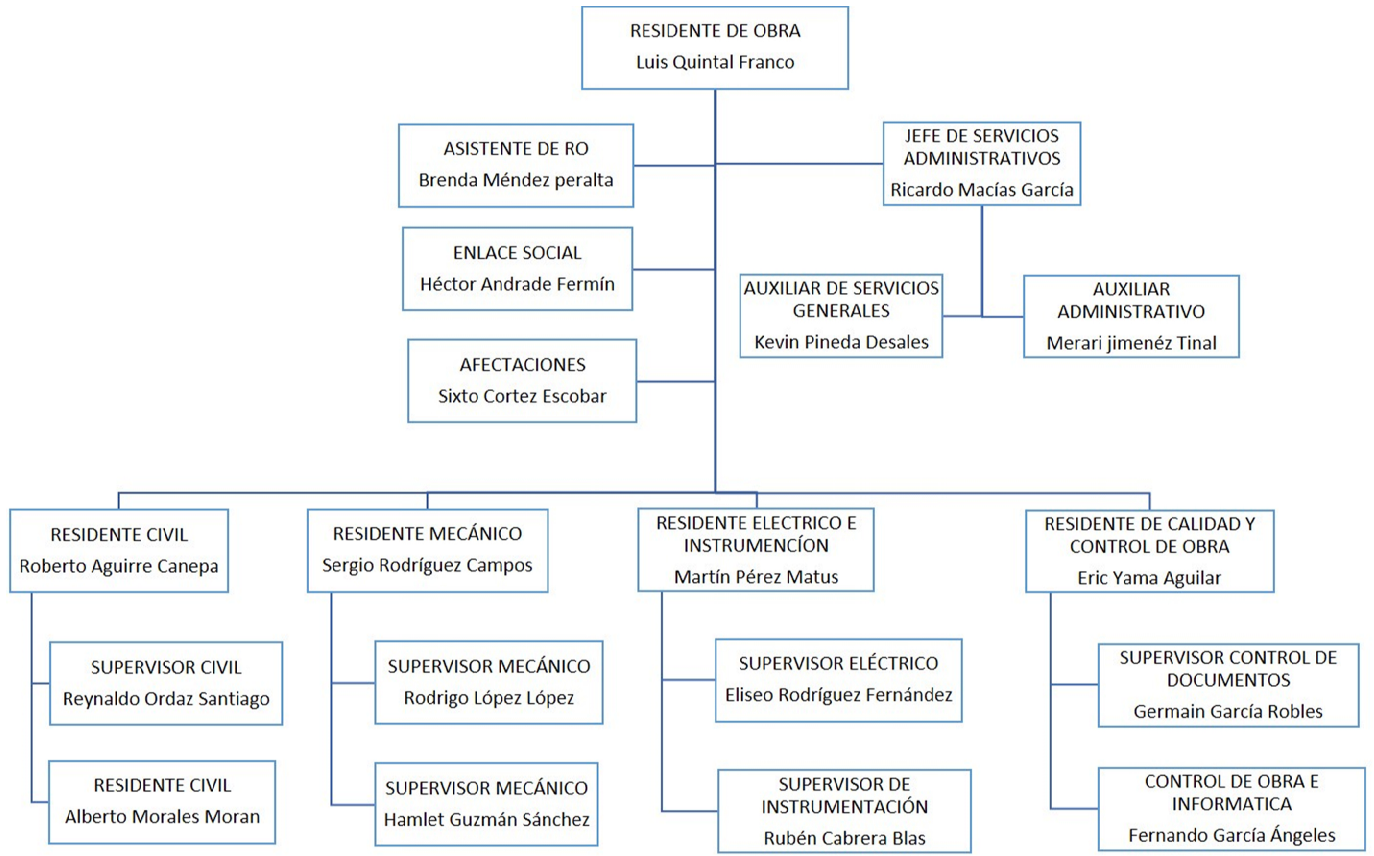
Esto se realiza con la supervisión y los criterios de aceptación, con los cuales se determinan los cumplimientos a los requisitos establecidos en el contrato. Plasmando dicha información en registros que son generados por las supervisiones efectuadas en campo, en caso de algún incumplimiento a un requisito, se documenta y es conciliado con el proveedor para su pronta atención y solución.

Lo anterior da origen a las evidencias, que son el soporte de haber realizado una revisión, verificación, validación y de llevar un control de los cambios de diseño durante la construcción de un proyecto, correspondiente a los procesos de seguimiento de compromisos contractuales cuyo objeto principal es hacer el seguimiento de todos los compromisos establecidos en el contrato que se celebra con el proveedor o contratista, y la supervisión de la construcción cuyo objeto principal es verificar, monitorear y atestiguar diariamente las actividades constructivas técnicas, de oportunidad, calidad, seguridad y de protección al ambiente.

La residencia de Obra es el área, en el cual me he desempeñado laboralmente en esta empresa, realizando el seguimiento a los compromisos contractuales y la supervisión de la construcción de centrales para la generación de energía eléctrica y en lo particular durante estos últimos siete años en la supervisión de centrales generadoras de energía eléctrica proveniente de origen eólico en el Istmo de Tehuantepec.

En el diagrama 2 se muestra el organigrama correspondiente al centro de trabajo denominado Residencia de Obra Sureste I, Fase II. Y el cargo que actualmente tengo dentro de esta organización. La residencia de obra se encuentra ubicada en la población de Aguascalientes La Mata, municipio de Asunción Ixtaltepec en el estado de Oaxaca.

Diagrama 2.- Organigrama Residencia de Obra



Mi formación académica, así como la capacitación que he recibido en esta empresa, me han permitido desarrollarme profesionalmente, conocer, aprender y palpar las nuevas tecnologías implementadas para la generación de energía eléctrica.

He participado en la construcción de los siguientes proyectos de la Comisión Federal de Electricidad:

- Septiembre del 2001 a Febrero del 2003, como supervisor de Instrumentación y control, en la construcción de la central ciclo combinado CC Campeche, Ubicado en el estado de Campeche.
- Febrero del 2003 a Mayo del 2004, como supervisor eléctrico, en la construcción de la unidad Turbogas, en el complejo termoeléctrico presidente Adolfo López Mateos, ubicado en Tuxpan, Veracruz.
- Mayo del 2004 a Diciembre del 2006, como supervisor eléctrico, en la construcción de la central ciclo combinado CC Valladolid II, ubicado en Valladolid, Yucatán.
- Mayo del 2009 a la fecha actual, como residente mecánico, en la construcción de las siguientes centrales eólicas:
 - C.E. Venta III
 - C.E. Oaxaca I
 - C.E. Oaxaca II
 - C.E. Oaxaca III
 - C.E. Oaxaca IV
 - C.E. Sureste I, fase II

III.- DESCRIPCIÓN DE UN PARQUE EÓLICO

Hoy en día se puede decir que no hay lugar en donde exista la tecnología y no tengamos necesidad de utilizar la energía eléctrica. La electricidad la requerimos en casi cualquier actividad que realizamos desde la iluminación y entretenimiento en nuestros hogares hasta para el desarrollo de la industria.

Esta necesidad de utilizar la energía eléctrica nos obliga a tener conocimiento sobre ella y de las formas para su generación, especialmente en la comisión federal de electricidad empresa que se dedica a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica para cubrir la demanda de energía eléctrica que requiere el país.

Es por ello que en los últimos años se ha aprovechado la energía del viento para la generación eléctrica, con la implementación de aerogeneradores para realizar esta transformación de energía, ya que por medio de su rotor captan la energía cinética del viento transformándola en energía mecánica, que concentra sobre su eje de rotación y la cual se transmite a un generador eléctrico para la generación de energía eléctrica.

Estos aerogeneradores son instalados en grupos para integrar lo que se conoce como Parques eólicos o centrales eolieléctricas, mismas que se interconectan a la red eléctrica nacional para contribuir y satisfacer la demanda de electricidad confiable segura y amigable con el medio ambiente.

Es importante destacar que los aerogeneradores son sistemas complejos que están integrados por subsistemas aerodinámicos, mecánicos eléctricos, hidráulicos y electrónicos, para una operación autónoma y segura.

La infraestructura de una central eólica está formada por:

- 1) Vialidades
- 2) Plataformas
- 3) Bus de media tensión
- 4) Cimentaciones
- 5) Aerogeneradores
- 6) Subestación eléctrica
- 7) Línea de transmisión
- 8) Punto de interconexión

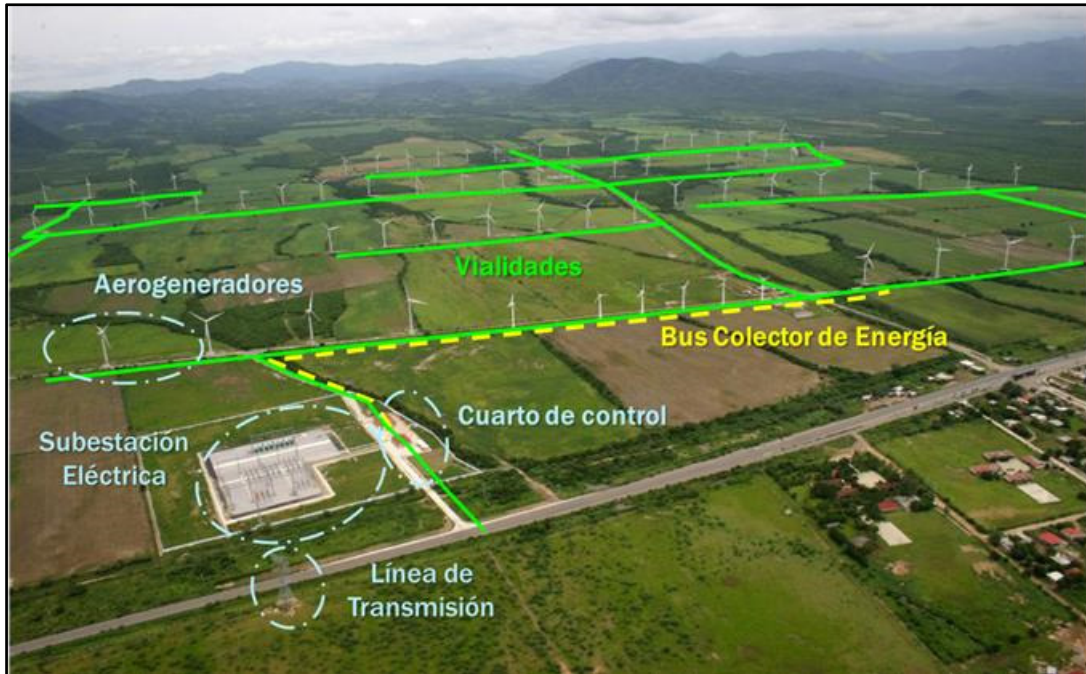


Foto 1.- Elementos de una central eólica

VIALIDADES.

Son los caminos que se utilizan para el acceso a cada uno de los aerogeneradores para la etapa de construcción y operación.



Foto 2.- Vialidades

PLATAFORMAS

Es el área adyacente al aerogenerador utilizada para el acopio de los elementos que conforman al aerogenerador, así como para posicionar las grúas para el montaje y armado del aerogenerador. Y para maniobras de mantenimiento durante la operación del parque eólico.



Foto 3.- Plataformas

BUS DE MEDIA TENSIÓN

Se entiende por bus de media tensión a los cables que interconecta a cada uno de los aerogeneradores formando grupos o circuitos colectores, mismos que llevan la energía eléctrica generada a la subestación eléctrica del parque eólico. Estos cables con aislamiento Polietileno de cadena cruzada retardante a las arborescencias (XLP-RA) se instalan de forma subterránea y paralelamente a los caminos. En esta misma zanja se instala un cable de fibra óptica para las comunicaciones y control del equipo.



Foto 4.- Colocación de cable media potencia

CIMENTACIONES

Es el elemento estructural cuya función principal es soportar y transmitir las cargas del aerogenerador al suelo, está integrado por acero de refuerzo y concreto, en él se encuentran embebidos los ductos eléctricos, el sistema de tierras así como el sistema de anclaje o medio de fijación de la torre de soporte para el aerogenerador.



Foto.- 5 Cimentaciones

Su geometría en planta puede ser circular o poligonal, las cargas a la que está expuesta la cimentación y que le son transmitidas a través de la torre mediante el sistema de anclaje son las producidas por el peso mismo del aerogenerador y el empuje del viento, el peso propio constituye una acción vertical, mientras que el empuje del viento es una acción horizontal que actúa de dos distintas zonas, el área barrida por las palas y el fuste de la torre. Todas estas cargas deben ser conducidas al terreno sin superar la capacidad portante del mismo. Es importante señalar que las dimensiones y forma de la cimentación varía en conformidad con el tipo de suelo, las especificaciones del fabricante y modelo de aerogenerador que se instalara.



Foto 6.- Colado de cimentaciones

El sistema de anclaje es el medio que servirá para interconectar, unir y/o ensamblar, la cimentación con el aerogenerador mediante su torre de soporte. Es diseñado y propuesto de acuerdo a las especificaciones del fabricante del aerogenerador. En los parques eólicos que he participado se han utilizado dos tipos de anclaje y los cuales se identifican como virola y corona de pernos

La virola es una sección tubular que en sus extremos tiene una brida denominada inferior y superior que mediante tornillería se ensambla a la torre del aerogenerador.



Foto 7.- Colocación de virola

La corona de pernos se forma con dos hileras circulares de birlos de 3 metros de largo con camisas de PVC, estructuradas por una placa inferior y una superior, que es retirada una vez fraguado el concreto quedando solo los espárragos que para el armado de la torre del aerogenerador.



Foto 8.- Colocación de corona de pernos

El sistema de tierras consta de un anillo exterior a la torre que se conecta a las placas soldadas en la base de la torre del aerogenerador y un anillo exterior a la cimentación de la torre el cual se une al acero de refuerzo el calibre mínimo recomendado es de 4/0 AWG y las uniones se realizaron mediante soldadura de tipo aluminotermia. El valor re comendado para el sistema de tierras para estos

equipos es de máximo 10 Ohm. Todos los sistemas de tierras de cada uno de los aerogeneradores son conectados a un sistema de tierra general del parque eólico.

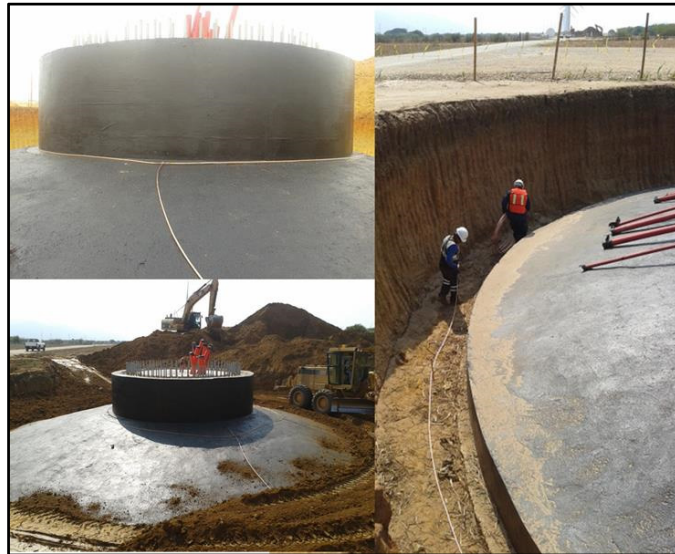


Foto 9.- Colocación sistema de tierras

AEROGENERADORES.

Para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica y posteriormente, en energía eléctrica se utilizan los aerogeneradores. La energía cinética del aire proporciona energía mecánica a un rotor por medio de las palas o alabes, que mediante la flecha principal, hacen girar el rotor de un generador el cual convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.



Foto 10.- Aerogenerador

Las características principales que determinan a un aerogenerador, son el fabricante, la potencia de generación, la altura y diámetro del rotor. En el Istmo de Tehuantepec se tienen instalado aerogeneradores de los fabricantes Gamesa, Vestas, Acciona Windpower y Alstom.

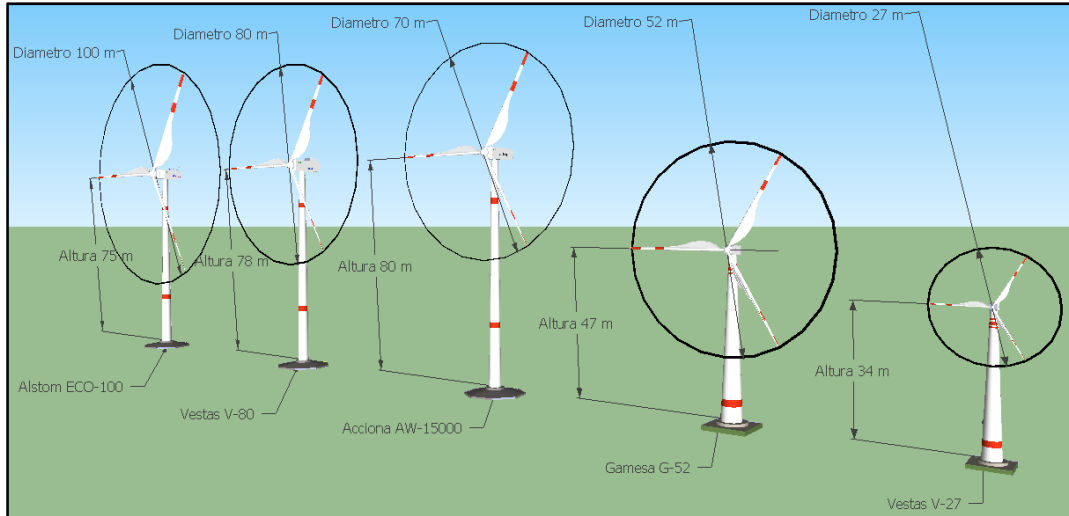


Foto 11.- Características de aerogeneradores

Actualmente se tienen instalados 515 aerogeneradores por parte la CFE distribuidos en ocho parques eólicos con una capacidad neta instalada de 698 MW, energía que es suministrada a la red eléctrica nacional aquí en el estado de Oaxaca. Los elementos que conforman un aerogenerador son:

1. Torre
2. Nacelle o góndola
3. Buje
4. Alabes o palas

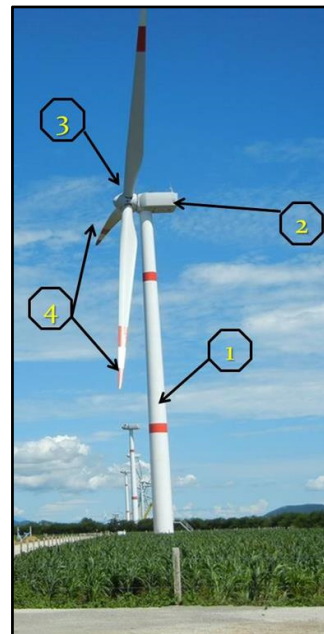


Foto 12.- Partes de un aerogenerador

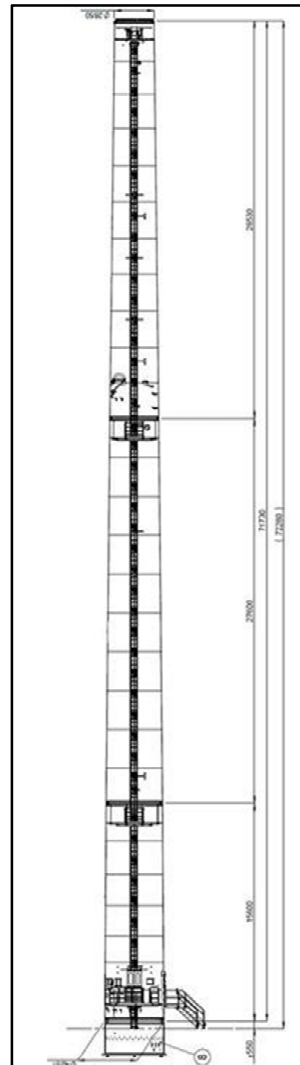
TORRE

Es la estructura tubular cónica que soporta la nacelle o góndola y rotor a la altura adecuada para la generación de energía, en la base y por su interior generalmente se encuentra el transformador, el tablero de media tensión y el tablero de control el cableado eléctrico y de control que proviene de la nacelle, así como de los sistemas auxiliares para su correcto funcionamiento, en el interior tiene escaleras y/o montacargas para acceder a la parte superior.

Los elementos que componen a la torre son:

1. Estructura (tramos de torre y cimentación)
2. Plataformas
3. Escaleras
4. Línea de vida
5. Cableado
6. Elementos de plataforma interior
7. Alumbrado
8. Ascensor

Foto 13.- Torre de aerogenerador



Las plataformas tienen como función el servir de soporte a los elementos interiores de la torre, facilitar las labores de mantenimiento y permitir paradas durante el acceso a la nacelle, el número de plataformas depende del número de tramos de la torre. Están fabricadas en su mayoría en chapa de acero plegada antideslizantes.



Foto 14.- Interior de secciones de torre

La escalera permite el acceso desde la base de la torre hasta la nacelle, pasando por las plataformas intermedias. Es fabricada en una aleación de aluminio, cada tramo de escalera está compuesta por varias secciones de escaleras que van unidas entre sí, para abarcar cada tramo de torre y que varía de dependiendo de la altura de la torre.



Foto 15.- Escalera interior

A lo largo de toda la torre existe un cable o riel de seguridad, denominado línea de vida, previsto para la protección contra caídas de altura en desplazamientos verticales.



Foto 16.- Cable de seguridad

Se cuenta con alumbrado interior de la torre para permitir los trabajos con una adecuada iluminación dentro de la torre, También con luminarias de emergencia para que en caso de pérdida de la alimentación eléctrica, se tenga iluminación durante el tiempo suficiente para la evacuación de la torre.



Foto 17.- Alumbrado interior

Algunos modelos de aerogeneradores por su altura de torre cuentan con un ascensor o elevador para el transporte del personal y material de la base de la torre hasta la nacelle.



Foto 18.- Elevador del aerogenerador

Dependiendo de la altura la torre suele estar compuesta por dos y hasta tres secciones, mismas que son ensambladas mediante bridas y tornillería para completar la altura de diseño.



Foto 19.- Secciones de torre

NACELLE

Es la cubierta protectora de la influencia de los agentes meteorológicos y condiciones ambientales externas para los elementos o equipos para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica y a su vez en energía eléctrica, está compuesta por una estructura base de hierro fundido y de las cubiertas que están hechas de fibra de vidrio. Transmite las fuerzas y momentos del rotor a la torre a través del sistema de orientación.



Foto 20.- Góndola o nacelle

En el interior se tiene el espacio necesario para realizar las operaciones de reparación y/o mantenimiento del aerogenerador, cuenta con varios accesos o escotillas para bajar o subir equipo. El bastidor de la nacelle es la base para todo el tren de potencia principal de generación eléctrica está formado por:

1. El eje de baja velocidad.- Es el acoplamiento mecánico entre el rotor y la multiplicadora y es el encargado de transmitir la fuerza mecánica del rotor de baja revoluciones pero alto par a la multiplicadora.
2. La multiplicadora.- Modifica la relación velocidad de rotación/par proveniente del rotor ajustando dicho valores de baja velocidad/alto par a alta velocidad/bajo par que son los requeridos por el generador eléctrico. Generalmente consta de una etapa planetaria combinada con tres etapas paralelas.

3. El convertidor de potencia o también llamado convertidor de frecuencia, es el encargado de controlar el aerogenerador de manera que este pueda operar con las variaciones en velocidad del viento de la zona, adaptar la energía generada a una forma de onda adecuada para ser entregada a la red eléctrica, así como lograr que el generador eléctrico responda de una manera dinámica a los huecos de tención
4. El eje de alta velocidad.- consiste en el acoplamiento flexible entre la salida de la multiplicadora y el generador eléctrico y se caracteriza por gran velocidad bajo par.

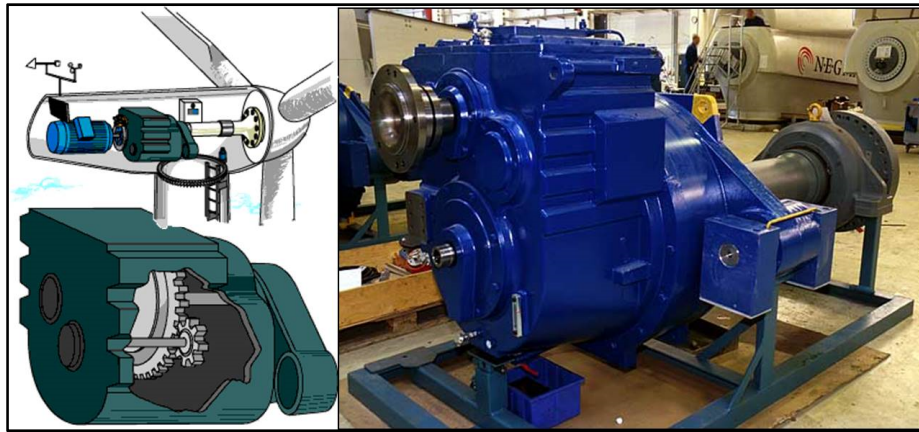


Foto 21.- Multiplicadora

5. El generador eléctrico.- Es una maquina asíncrona y sus características generales varían de acuerdo a la selección de fabricante de los aerogeneradores en cuanto al voltaje de generación, número de polos y su velocidad de rotación.



Foto 22.- Generador eléctrico

6. Sistema de orientación.- consiste cuatro motorreductores y que son operados por el sistema de control del aerogenerador de acuerdo a la información recibida de la veleta colocada en la parte superior del nacelle, para hacer girar a la esta, mediante una corona dentada para que esta siempre este de frente al viento y así aprovechar al máximo el viento.

El Rotor está conformado por el buje que es elemento que une estructuralmente a las tres palas o alabes para aprovechar la energía cinética del viento, cuenta con un sistema denominado sistema de cambio de paso o sistema pitch que ajusta el ángulo de las palas en todo momento con respecto a la velocidad de viento.



Foto 23.- Armado de rotor

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Los parques eólicos cuentan con una subestación eléctrica que eleva la tensión de 34.5 kV a 230 kV, para que la energía generada por los aerogeneradores, sea entregada en el punto de interconexión con el sistema eléctrico nacional, que normalmente se ubican dentro de las instalaciones de una subestación eléctrica de la comisión federal de electricidad.

Equipo primario exterior para la medición, protección y control del parque, un edificio principal con oficinas, cuarto de control de tableros y almacén de repuestos y refacciones, un almacén de residuos y materiales peligrosos.



Foto 24.- Subestación eléctrica

LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Es el medio final que interconectará a la subestación del parque eólico con la subestación de la comisión federal de electricidad, la cual está interconectada al sistema eléctrico nacional.

La línea de transmisión opera a 230 kV, 60 Hz y está conformada por torres auto soportadas, postes troncocónicos, aisladores, conductores de potencia con capacidad para uno o dos circuitos y cables de guarda.



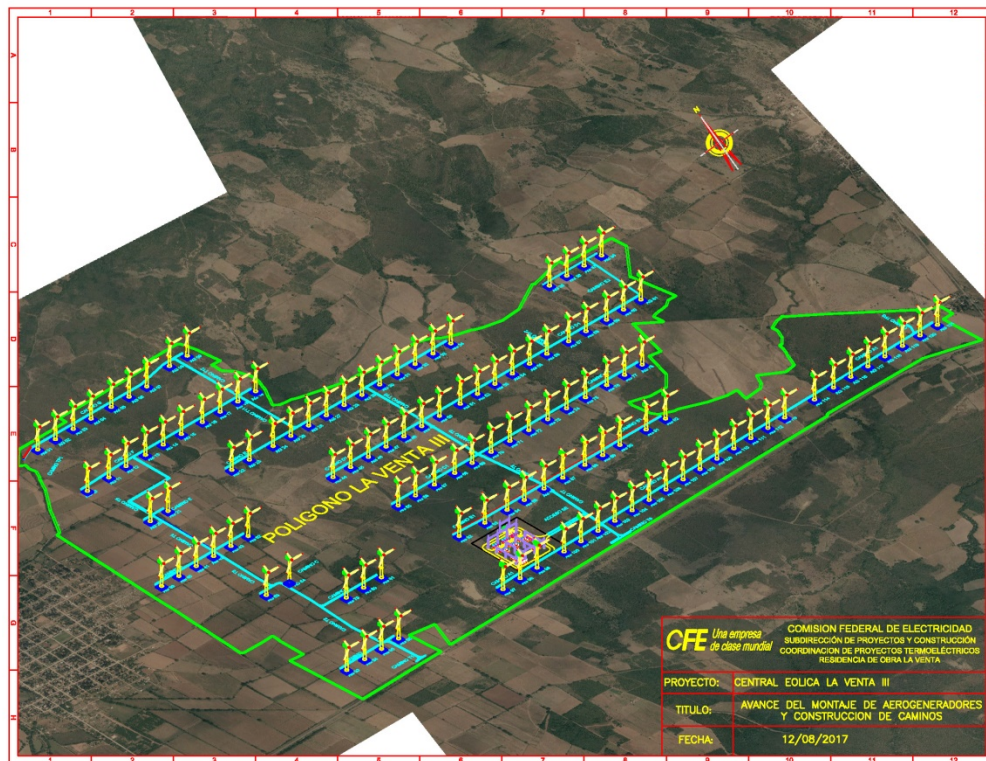
Foto 25.- Línea de transmisión

IV.- DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS EÓLICOS EN LOS CUALES HE COLABORADO

C.E Venta III

LA central eólica Venta III está localizada en el ejido de Santo Domingo, municipio de Santo Domingo Ingenio, en el estado de Oaxaca. En una superficie de 1105 Hectáreas. Tiene una capacidad nominal de 102 MW, integrada por 121 aerogeneradores del fabricante Gamesa, modelo G52, clase IA con una altura al centro de rotor de 47 m, diámetro de rotor de 52 m y una capacidad individual de 850 KW.

Los aerogeneradores están distribuidos en siete líneas, teniendo una separación aproximada de diez veces el diámetro del rotor (520 m) entre líneas contiguas, mientras que a lo largo de cada línea, los aerogeneradores tienen una separación de tres veces el diámetro del rotor. (156 m)



Plano 1.- Parque eólico C.E. Venta III

Cada aerogenerador cuenta con un transformador para elevar la tensión de la energía generada de 690 V a 34.5 kV, esta energía se conduce hasta la subestación eléctrica de la central por 6 circuitos de media tensión por 33.6 km de buses colectores subterráneos y 33.6 km de fibra óptica que transmite los datos de control de los aerogeneradores a la Subestación.

La subestación del parque eólico La Venta III eleva la tensión eléctrica de 34.5 kV a 230 kV mediante un transformador de 125 MVA de potencia. Cuenta con una línea de transmisión en 230 kV de tensión, para llevar la energía de generación al punto de interconexión que se encuentra ubicado en la subestación La venta II propiedad de la CFE, está conformada por torres autosoportadas y postes troncocónicos con una capacidad para dos circuitos, como conductor un cable de aluminio con alma de acero con recubrimiento de aluminio soldado (ACSR/AS) de diámetro 1113 kcmil por fase, cuenta con cable de guarda, del tipos cable de acero con recubrimiento de aluminio soldado (AAS) 7#8, y un cable de guarda con fibras ópticas integradas (CGFO)

Tabla 1.- Ficha de Proyecto C.E. La Venta III

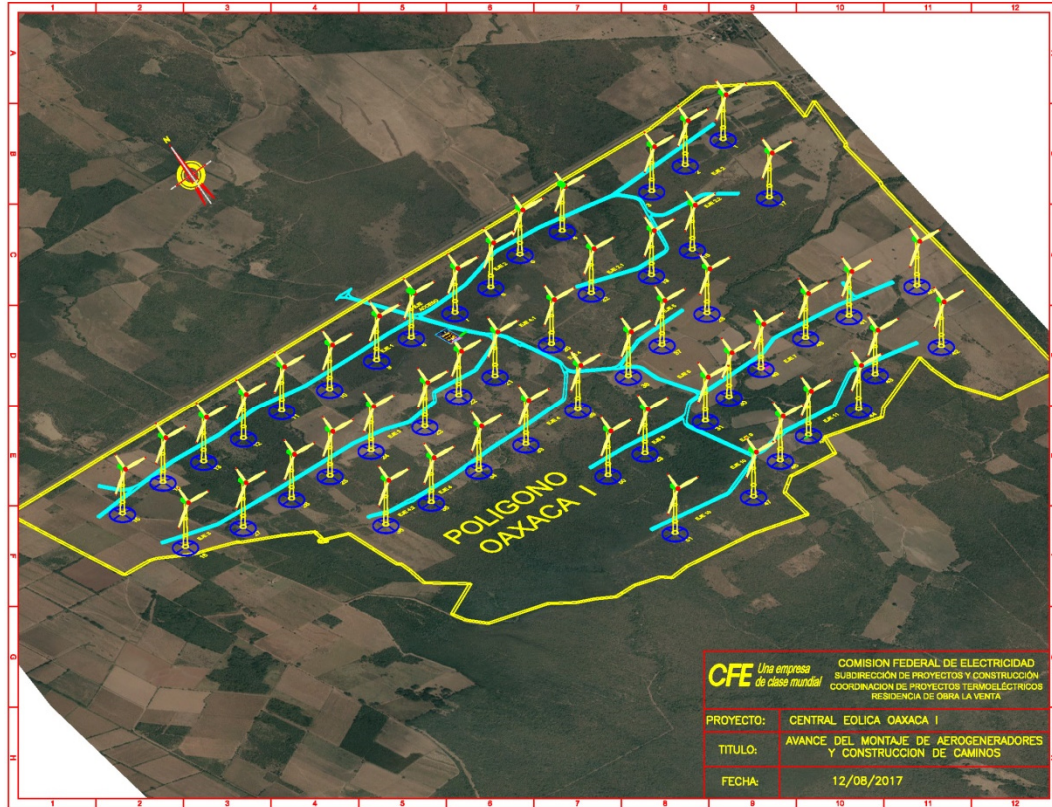
Tipo de contrato	Productor externo de energía (PEE)
Productor externo de energía	Energías renovables venta III S.A. de C.V.
Fecha de inicio	11 de Mayo de 2010
Fecha de operación comercial	03 de Octubre de 2012

C.E. Oaxaca I

Se encuentra al sureste del ejido Santo Domingo, en el municipio de Santo Domingo Ingenio, en el Estado de Oaxaca en una superficie de 960 Hectáreas. Tiene una capacidad nominal de 102 MW, integrado por 51 aerogeneradores del fabricante Vestas, model V80, con una altura de rotor de 78 m, un diámetro de rotor de 80 m y con capacidad individual de 2 MW.

Los aerogeneradores están distribuidos en cinco líneas, teniendo una separación aproximada de seis veces el diámetro del rotor (480 m) entre líneas contiguas, mientras que a lo largo de cada línea, los aerogeneradores tienen una separación de 3.5 veces el diámetro del rotor (280 m)

Cada aerogenerador cuenta con un transformador para elevar la tensión de la energía generada de 690 V a 34.5 kV, esta se conduce hasta la subestación eléctrica de la central por 5 circuitos colectores de media tensión integrados por cables tipo XLP-RA de diferentes calibres, mediante 15.7 km de circuitos colectores subterráneos y 15.7 km de fibra óptica que transmite datos de control de los aerogeneradores a la Subestación.



Plano 2.- Parque eólico C.E. Oaxaca I

La subestación del parque eólico Oaxaca I eleva la tensión eléctrica de 34.5 kV a 230 kV mediante un transformador de 108 MVA. Cuenta con una línea de transmisión en 230 kV de tensión, para llevar la energía de generación al punto de interconexión que se encuentra ubicado en la subestación La venta II propiedad de la CFE, está conformada por torres autoportadas y postes troncocónicos con una capacidad para dos circuitos, como conductor un cable aluminio con alma de acero con recubrimiento de aluminio soldado (ACSR/AS) de diámetro 1113 kcmil por fase, un cable de guarda 7#8 tipo cable de acero con recubrimiento de aluminio soldado (AAS) y un cable de guarda con fibras ópticas integradas (CGFO)

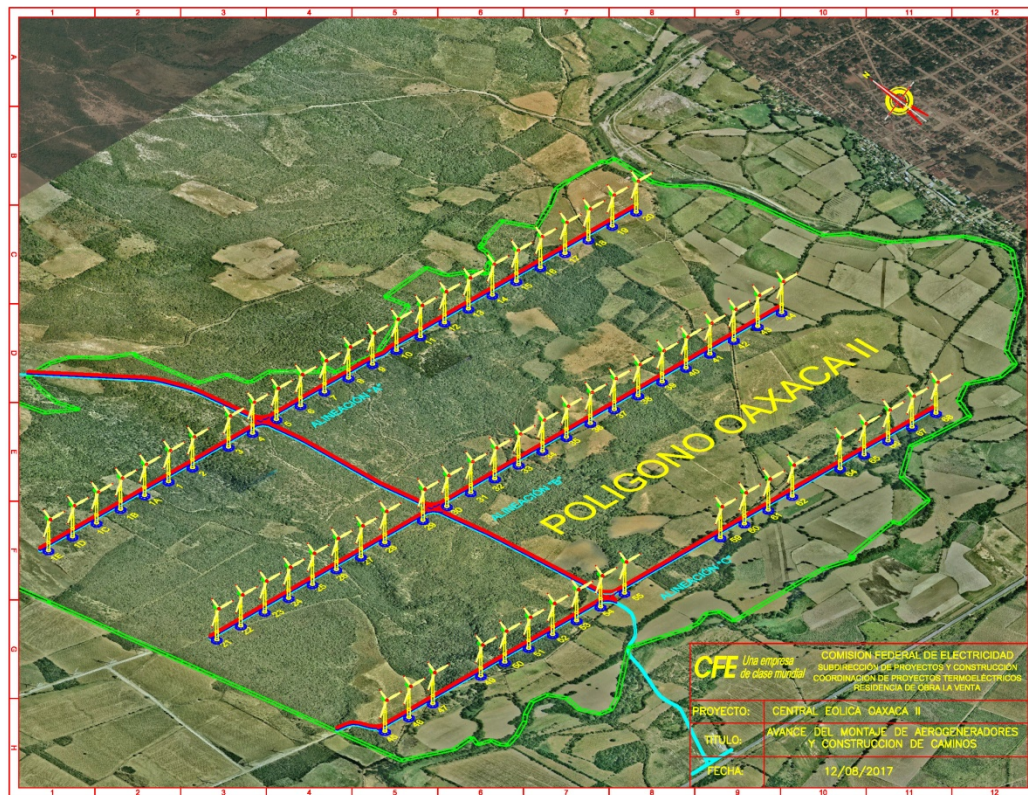
Tabla 2.- Ficha de Proyecto C.E. Oaxaca I

Tipo de contrato	Productor externo de energía (PEE)
Productor externo de energía	Energías ambientales de Oaxaca, S.A. de C.V.
Fecha de inicio	25 de Junio de 2010
Fecha de operación comercial	26 de Septiembre de 2012

C.E. Oaxaca II

Se encuentra al norte de la carretera panamericana y del río espíritu santo y al sur del ejido el porvenir, en el municipio de Santo Domingo Ingenio, en el Estado de Oaxaca en una superficie de 617 Hectáreas. Tiene una capacidad nominal de 102 MW, integrado por 68 aerogeneradores del fabricante Acciona WindPower, AW1500 con una altura de rotor de 78 m , un diámetro de rotor de 70 m y con capacidad individual de 1.5 MW.

Los aerogeneradores están distribuidos en tres líneas, teniendo una separación aproximada de 11 veces el diámetro del rotor (770 m) entre líneas contiguas, mientras que a lo largo de cada línea, los aerogeneradores tienen una separación de 1.5 veces el diámetro del rotor (105 m)



Plano 3.- Parque eólico C.E. Oaxaca II

Cada aerogenerador genera a una tensión de 12 kV esta energía se conduce hasta la subestación eléctrica de la central por 6 circuitos colectores de media tensión integrados por cables con aislamiento XLP-RA de diferentes calibres, mediante 11.7 km de circuitos colectores subterráneos y 11.7 km de fibra óptica que transmite datos de control de los aerogeneradores a la Subestación.

La subestación del parque eólico Oaxaca II eleva la tensión eléctrica de 12 kV a 230 kV mediante un transformador de 100 MVA. Cuenta con una línea de transmisión en 230 kV de tensión, para llevar la energía de generación al punto de interconexión que se encuentra ubicado en la subestación Ixtepec potencia propiedad de la CFE, está conformada por torres autosoportadas con capacidad para un circuito y como conductor cable de aluminio con alma de acero con recubrimiento de aluminio soldado (ACSR/AS) de diámetro 795 kcmil por fase, un cable de acero con recubrimiento de aluminio soldado (AAS) de guarda 7#8 y un cable de guarda con fibras ópticas integradas (CGFO)

Tabla 3.- Ficha de Proyecto C.E. Oaxaca II

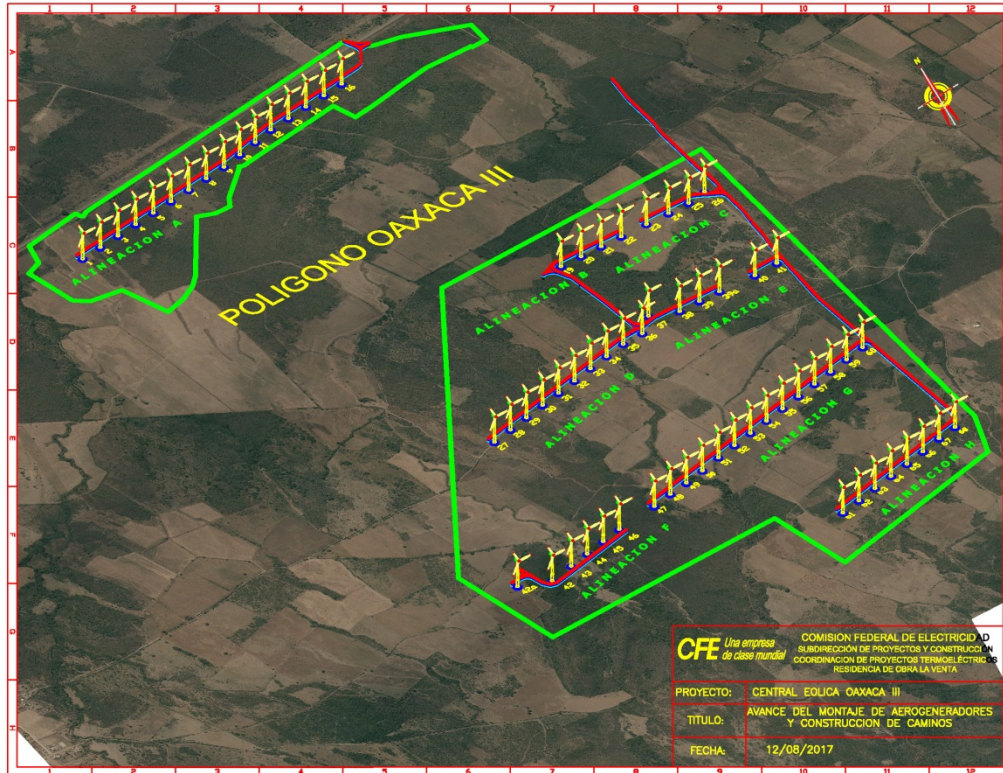
Tipo de contrato	Productor externo de energía (PEE)
Productor externo de energía	C.E. Oaxaca dos, S. de R.L. de C.V.
Fecha de inicio	25 de Julio de 2010
Fecha de operación comercial	06 de Febrero de 2012

C.E. Oaxaca III

Se encuentra al sur de la carretera panamericana y al este del río Espíritu Santo en el ejido la Venta, en el municipio de Juchitán de Zaragoza, en el Estado de Oaxaca en una superficie de 474 Hectáreas. Tiene una capacidad nominal de 102 MW, integrado por 68 aerogeneradores del fabricante Acciona WindPower, modelo AW1500 con una altura de rotor de 78 m , un diámetro de rotor de 70 m y con capacidad individual de 1.5 MW.

Los aerogeneradores están distribuidos en cinco líneas, teniendo una separación aproximada de 11 veces el diámetro del rotor (770 m) entre líneas contiguas, mientras que a lo largo de cada línea, los aerogeneradores tienen una separación de 1.5 veces el diámetro del rotor (105 m)

Cada aerogenerador cuenta con un transformador para elevar la tensión de la energía generada de 12 kV a 34.5 kV, se conduce hasta la subestación eléctrica de la central por 6 circuitos colectores de media tensión integrados por cables tipo XLP-RA de diferentes calibres, mediante 14 km de circuitos colectores subterráneos y 14 km de fibra óptica que transmite datos de control de los aerogeneradores a la Subestación.



Plano 4.- Parque eólico C.E. Oaxaca III

La subestación del parque eólico Oaxaca III eleva la tensión eléctrica de 34.5 kV a 230 kV mediante un transformador de 100 MVA. Cuenta con una línea de transmisión en 230 kV de tensión, para llevar la energía de generación al punto de interconexión que se encuentra ubicado en la subestación Ixtepec potencia propiedad de la CFE, está conformada por torres autosoportadas con una capacidad para dos circuitos, con un arreglo de dos conductor cable aluminio con alma de acero y recubrimiento de aluminio soldado (ACSR/AS) con diámetro 1113 kcmil por fase, un cable de guarda 7#8 cable de acero con recubrimiento de aluminio soldado (AAS) y un cable de guarda con fibras ópticas integradas (CGFO)

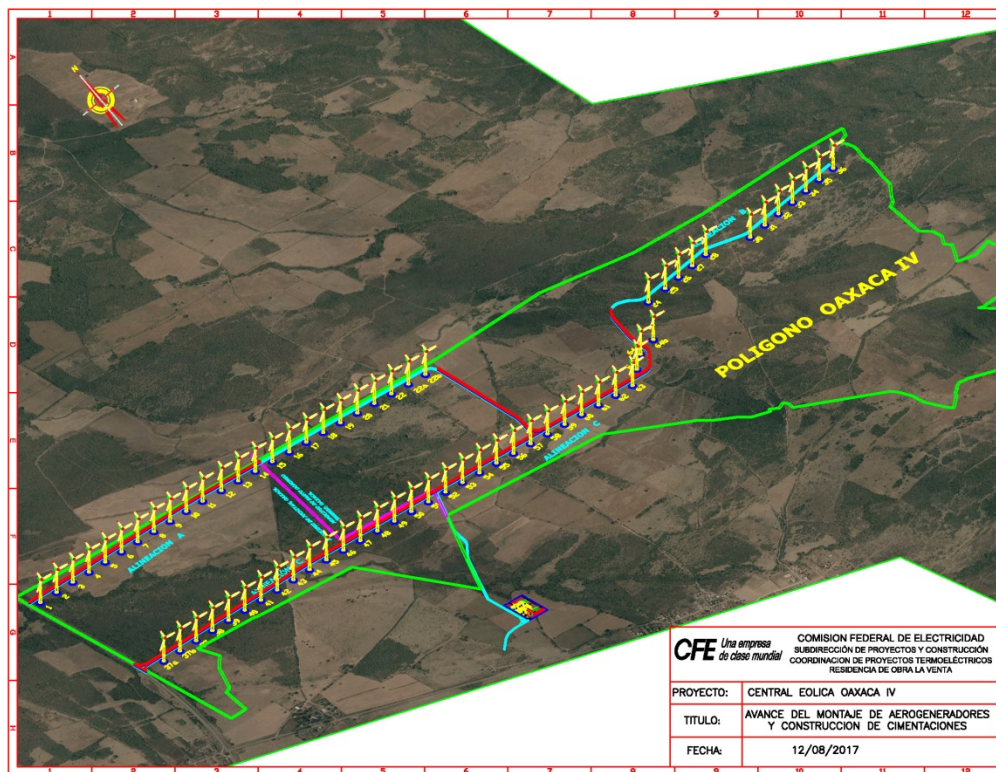
Tabla 4.- Ficha de Proyecto C.E. Oaxaca III

Tipo de contrato	Productor externo de energía (PEE)
Productor externo de energía	C.E. Oaxaca Tres, S. de R.L. de C.V.
Fecha de inicio	15 de Julio de 2010
Fecha de operación comercial	30 de Enero de 2012

C.E. Oaxaca IV

Se encuentra al norte de la carretera panamericana y al sur del río Espíritu en los ejidos de la Venta y Santo Domingo Ingenio, en el municipio de Juchitán de Zaragoza, en el Estado de Oaxaca en una superficie de 562 Hectáreas. Tiene una capacidad nominal de 102 MW, integrado por 68 aerogeneradores del fabricante Acciona WindPower, modelo AW1500 con una altura de rotor de 78 m , un diámetro de rotor de 70 m y con capacidad individual de 1.5 MW.

Los aerogeneradores están distribuidos en dos líneas, teniendo una separación aproximada de 10 veces el diámetro del rotor (700 m) entre líneas contiguas, mientras que a lo largo de cada línea, los aerogeneradores tienen una separación de 1.5 veces el diámetro del rotor (104 m)



Plano 5.- Parque eólico C.E. Oaxaca IV

Cada aerogenerador cuenta con un transformador para elevar la tensión de la energía generada de 12 kV a 34.5 kV, esta se conduce hasta la subestación eléctrica de la central por 6 circuitos colectores de media tensión integrados por conductores con aislamiento XLP-RA de diferentes calibres, mediante 12 km de buses colectores subterráneos y 12 km de fibra óptica que transmite datos de control de los aerogeneradores a la Subestación.

La subestación del parque eólico denominada Oaxaca IV eleva la tensión eléctrica de 34.5 kV a 230 kV mediante un transformador de 108 MVA. Cuenta con una línea de transmisión en 230 kV de tensión, para llevar la energía de generación al punto de interconexión que se encuentra ubicado en la subestación Ixtepec potencia propiedad de la CFE, está conformada por torres autosoportadas y postes troncocónicos con una capacidad para dos circuitos, como conductor cable aluminio con alma de acero con recubrimiento de aluminio soldado (ACSR/AS) de diámetro 1113 kcmil por fase, un cable de guarda 7#8 cable de acero con recubrimiento de aluminio soldado (AAS) y un cable de guarda con fibras ópticas integradas (CGFO).

Tabla 5.- Ficha de Proyecto C.E. Oaxaca IV

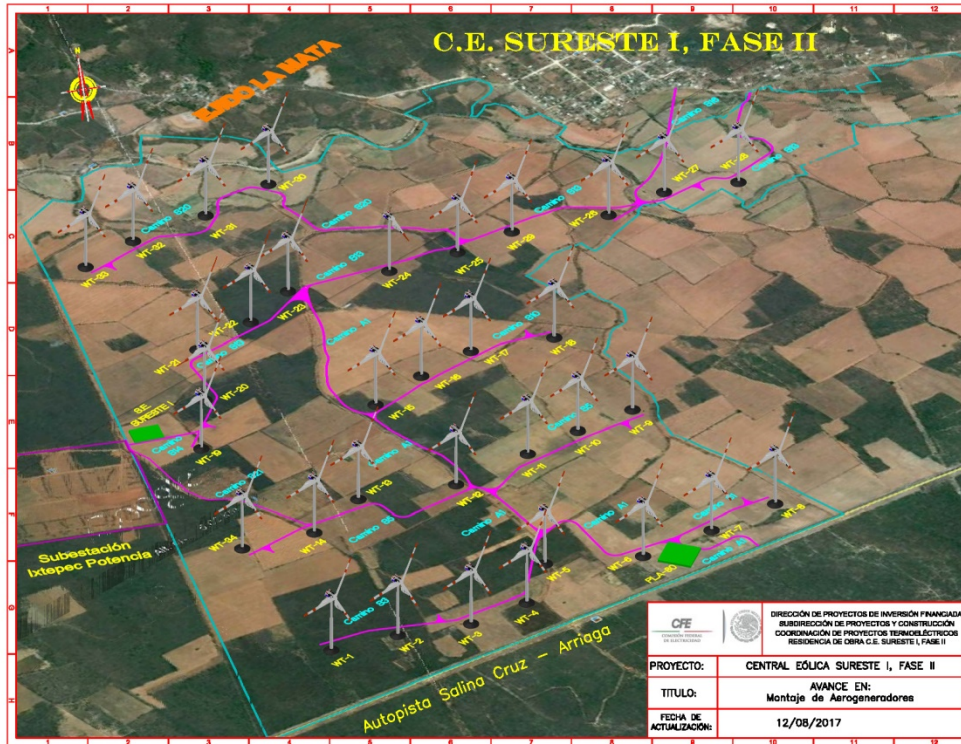
Tipo de contrato	Productor externo de energía (PEE)
Productor externo de energía	C.E. Oaxaca Cuatro, S. de R.L. de C.V.
Fecha de inicio	15 de Julio de 2010
Fecha de operación comercial	23 de Diciembre de 2011

C.E. Sureste I, Fase II

Se encuentra al noreste de Ciudad Ixtepec. En el ejido de Aguascalientes La Mata perteneciente al Municipio de Asunción Ixtaltepec, en el Estado de Oaxaca en una superficie de 894 Hectáreas. Tiene una capacidad nominal de 102 MW, integrado por 34 aerogeneradores del fabricante Alstom, modelo ECO-100 con una altura de rotor de 75 m., un diámetro de rotor de 100 m y con capacidad individual de 3 MW.

Los aerogeneradores están distribuidos en cinco líneas, teniendo una separación aproximada de ocho veces el diámetro del rotor (800 m) entre líneas contiguas, mientras que a lo largo de cada línea, los aerogeneradores tienen una separación de 3 veces el diámetro del rotor (300 m)

Cada aerogenerador cuenta con un transformador para elevar la tensión de la energía generada de 1 kV a 34.5 kV, se conduce hasta la subestación eléctrica de la central por 6 circuitos colectores de media tensión integrados por conductores con aislamiento XLP-RA de diferentes calibres, mediante 25.6 km de buses colectores subterráneos y 22.3 km de fibra óptica que transmite datos de control de los aerogeneradores a la Subestación.



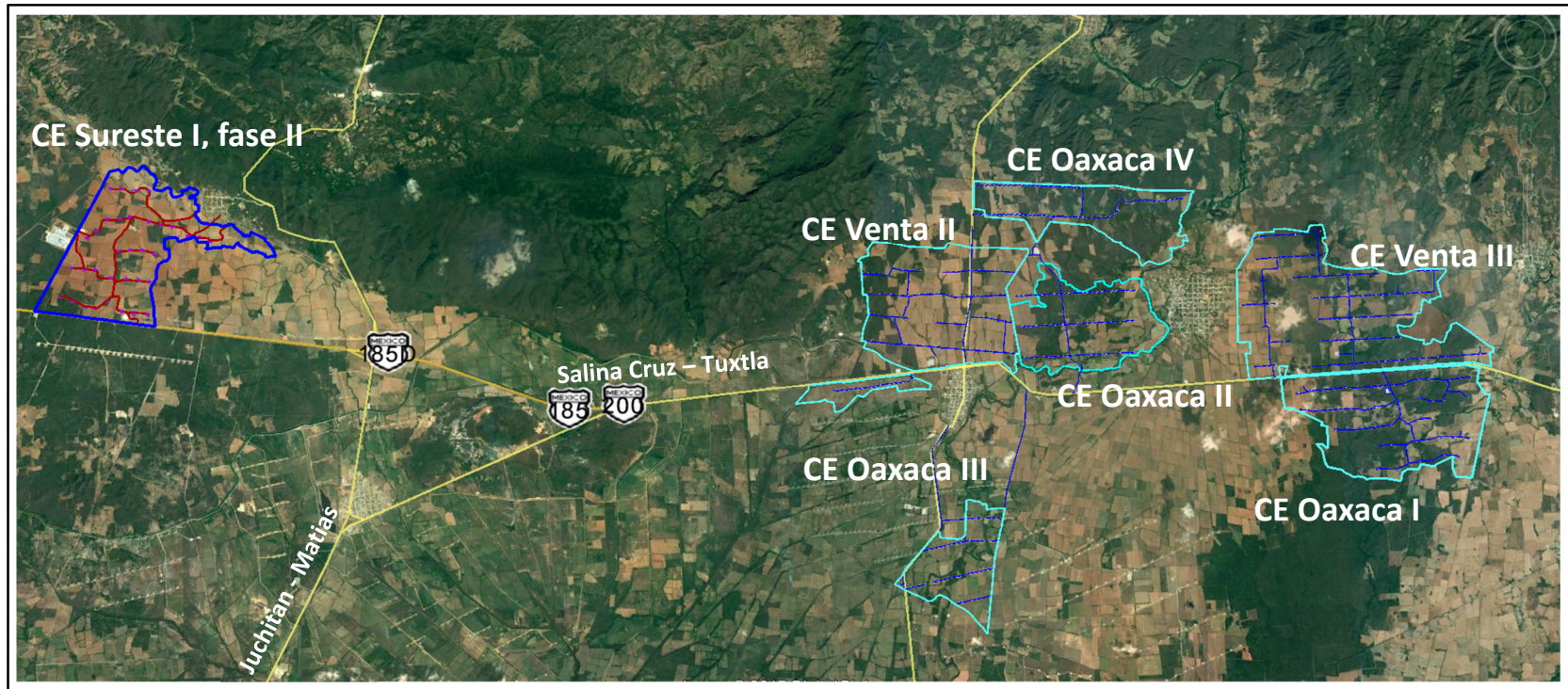
Plano 6.- Parque eólico C.E. Sureste I, fase II

La subestación del parque eólico Oaxaca IV eleva la tensión eléctrica de 34.5 kV a 230 kV mediante un transformador de 133 MVA. Cuenta con una línea de transmisión subterránea en 230 kV de tensión, para llevar la energía de generación al punto de interconexión que se encuentra ubicado en la subestación Ixtepec potencia propiedad de la CFE, consiste de cable monopolar con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE) de 750 kcmil tiene una longitud de 1 km está formada por conductores y un cable de fibras ópticas integradas (CDFO) dentro de un banco de ductos (galería).

Tabla 6.- Ficha de Proyecto C.E. Sureste I, fase II

Tipo de contrato	Productor externo de energía (PEE)
Producto externo de energía	Energías Renovables La Mata S.A.P.I. de C.V.
Fecha de inicio	01 de Marzo de 2013
Fecha de operación comercial	01 de Octubre de 2014

Plano 7.- Centrales eólicas en el Istmo de Tehuantepec



**V.- ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA
SUPERVISIÓN AL MONTAJE DE
AEROGENERADORES**

Durante la construcción de la central eólica Sureste I, fase II, parte de mis responsabilidades como residente mecánico es el de implementar el plan de supervisión, documento en el cual se establece los procesos de supervisión que se desarrollan durante la etapa de construcción, así como el coordinar la supervisión y la asignación de los frentes de trabajo a los supervisores que están a mi cargo.

Desde el año 2009 he participado en el desarrollo del plan de supervisión para el proceso constructivo de una central eólica. En este documento se muestra los sistemas que integran la central eólica, los procesos que se requieren para su construcción y las actividades específicas de estos procesos que serán supervisadas.

Cabe mencionar que existe un documento que lleva el nombre de Anexo B Alcance de la supervisión de la supervisión, que es un anexo del documento Plan de calidad para la supervisión de la construcción, parte del sistema integra del gestión de la CPT, en él se establece un desglose de actividades por procesos técnicos como son Civiles, mecánicos, eléctricos, instrumentación y control, de calidad, ambientales seguridad y salud en el trabajo, en donde se indica el tipo de subproceso que se debe desarrollar para la supervisión de la construcción, solo que esta generado para la construcción de centrales termoeléctricas. Por lo que era complicado hacerlo coincidir para los proyectos de generación energías renovables que es el caso de las centrales eólicas.

Tabla 7.- Alcance de la supervisión la de construcción

A - Auditoría	REC/CO - Residente de Calidad y Control de Obra		
V - Vigilancia	RC - Residente Civil	C1, C2 o C3 - Supervisores Civil	T - Todas las Residencias de Especialidad
SC - Supervisión Continua	RM - Residente Mecánico	M1, M2 o M3 - Supervisores Mecánico	SA - Supervisor Ambiental
R - Responsable	RE/IC - Residente Eléctrico e Instrumentación y Control	E1, E2 o E3 - Supervisores Eléctricos	SI - Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo

ACTIVIDADES PRINCIPALES		DESGLOCE DE ACTIVIDADES	MODALIDAD DE CONTRATACIÓN			SUBPROCESO			RESPONSABILIDAD
N o.	NOMBRE		PEE	OPF	RP	V	SC	A	
2	PROCESOS AREA CIVIL								
	TOPOGRAFIA Y TERRACERIAS	EQUIPO DE TOPOGRAFIA (CALIBRACIÓN)	N/A	X	X	X	X	C1	
		CAMINOS DE ACCESO	X	X	X	X	X	C1	
		OBRA DE TOMA (SI APLICA)	X	X	X	X	X	C1	
		AGUA DE CIRCULACION (SI APLICA)	X	X	X		X	C1	
		RECUPERADORES DE CALOR	X	X	X		X	C1	
		CASA DE MAQUINAS O AREA DE FUERZA	X	X	X		X	C1	
		EDIFICIO ELECTRICO	X	X	X		X	C2	
		EDIFICIO DE CONTROL	X	X	X	X	X	C2	
		SUBESTACION PRINCIPAL	X	X	X		X	C2	

Tabla 7.- Alcance de la supervisión la de construcción

A - Auditoría	REC/CO - Residente de Calidad y Control de Obra		
V - Vigilancia	RC - Residente Civil	C1, C2 o C3 - Supervisores Civil	T - Todas las Residencias de Especialidad
SC - Supervisión Continua	RM - Residente Mecánico	M1, M2 o M3 - Supervisores Mecánico	SA - Supervisor Ambiental
R - Responsable	RE/IC - Residente Eléctrico e Instrumentación y Control	E1, E2 o E3 - Supervisores Eléctricos	SI - Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo

ACTIVIDADES PRINCIPALES		DESGLOCE DE ACTIVIDADES	MODALIDAD DE CONTRATACIÓN			SUBPROCESO			RESPONSABILIDAD
N o.	NOMBRE		PEE	OPF	RP	V	SC	A	
	CIMENTACIONES	OBRA DE TOMA SUBMARINA (SI APLICA)	X	X	X	X	X		RC
	(INCLUYE EXCAVACION Y RELLENO)	AGUA DE CIRCULACION	X	X	X		X		C1
		RECUPERADORES DE CALOR	X	X	X	X	X		C2
		CASA DE MAQUINAS O ÁREA DE FUERZA	X	X	X	X	X		C2
		EDIFICIO ELECTRICO Y DE CONTROL	X	X	X		X		C2
		TURBOGENERADORES	X	X	X	X	X		RC
		SUBESTACIÓN	X	X	X		X		C1
	EDIFICACIONES	EDIFICIO ELECTRICO Y CONTROL	X	X	X	X	X		RC
		CASETA EQUIPOS MECANICOS Y ELECTRICOS	X	X	X		X		C2
		EDIFICIO SUBESTACIÓN	X	X	X	X	X		C2
	FABRICACION, TRANSPORTE, COLOCACION Y	LABORATORIO	N/A	X	X	X	X		RC
	POSTCOLOCACION DE CONCRETO	PLANTA DE CONCRETO	N/A	X	X	X	X		RC
		COLADOS Y CURADOS DE ESTRUCTURAS	X	X	X	X	X		RC
	URBANIZACION	AREAS EXTERIORES	X	X	X	X	X		C1
	RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	ESTRUCTURA METÁLICAS	X	X	X	X	X		RM
	ESTRUCTURAS (MONTAJE)	ESTRUCTURA CASA DE MAQUINAS (SI APLICA)	X	X	X	X	X		RM
		ESTRUCTURA S.E.	X	X	X	X	X		RE/IC
3	PROCESOS AREA MECANICA								
	MONTAJE DE EQUIPO MECANICO	TURBOGENERADOR	X	X	X	X	X		RM
		BOMBAS AGUA ALIMENTACION	X	X	X	X	X		M1
		BOMBAS ACEITE LUBRICANTE	X	X	X		X		M1
		BOMBAS DE CONDENSADO (SI APLICA)	X	X	X		X		M1
		AEROCONDENSADOR (SI APLICA)	X	X	X	X	X		M1
		BOMBAS AGUA CIRCULACION (SI APLICA)	X	X	X	X	X		M1
		RECUPERADORES DE CALOR	X	X	X	X	X		M2
		TORRE DE ENFRIAMIENTO (SI APLICA)	X	X	X	X	X		M2
	MONTAJE DE TUBERIAS	ALTA PRESION	X	X	X	X	X		M2
		BAJA PRESION	X	X	X	X	X		M2
		GASODUCTO	X	X	X	X	X		M1
	MONTAJE DE TANQUES	DIESEL, AGUA Y OTROS	X	X	X	X	X		M2
	INSPECCION DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	TUBERIA ALTA PRESION	X	X	X	X	X		M1
		TUBERIA BAJA PRESION	X	X	X	X	X		M1
		TANQUES	X	X	X	X	X		M1
		GASODUCTO	X	X	X	X	X		M1
	PROCESOS DE SOLDADURA, CALIFICACION	APLICACION DE PROCESOS	X	X	X	X	X		M2
	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS A TANQUES,	APLICACION DE PROCESOS DIVERSOS	X	X	X	X	X		M2
	RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	TANQUES	X	X	X	X	X		M2
		TUBERIAS	X	X	X	X	X		M1
		GASODUCTO	X	X	X	X	X		M1

Por ello se ha generado el Proceso constructivo de una central eólica, el cual está desarrollado para cubrir este tipo de proyectos y que brinde la misma guía, que el documento existente para centrales termoeléctricas.

Especialidades

C = Civil M = Mecánico EI = Eléctrico e Instrumentación
 PA = Protección Ambiental SI = Seguridad Industrial y Salud en el trabajo
 CA = Calidad

Oportunidad

SC = Supervisión Continua V = Vigilancia

A = Auditoria

		ESPECIALIDADES						OPORTUNIDAD												
		C	M	EI	PA	SI	CA	SC	V											
									C	M	EI	PA	SI	CA						
1	Sistema de Generación	X	X	X	X	X	X	X												
1.1	Construcción de Cimentaciones de Aerogeneradores	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X					
1.2	Montaje de Aerogeneradores		X	X	X	X	X	X		X				X	X					
1.3	Montaje de Transformadores de Media Tensión		X	X	X	X	X	X				X								
1.4	Montaje e Instalación de Controladores y Seccionadores		X	X	X	X	X	X				X								
1.5	Montaje e Instalación de Elementos Electromecánicos Auxiliares de la		X	X	X	X	X	X		X	X									
1.6	Montaje e Instalación de Equipos Contra Incendio (Extintores)		X	X	X	X	X	X												
1.7	Montaje e instalación del sistema de enfriamiento		X	X	X	X	X	X												
2	Sistema de Transmisión de Media Tensión	X		X	X	X	X	X						X						
2.1	Construcción de Obra Civil	X		X	X	X	X	X												
2.2	Montaje de Equipos Eléctricos de Potencia (Cable MT)			X	X	X	X	X				X								
2.3	Montaje e Instalación de Elementos de Protección, Control y			X	X	X	X	X												
2.4	Montaje e Instalación de Elementos Electromecánicos Auxiliares			X	X	X	X	X												
2.5	Montaje e Instalación de Equipos Contra Incendio			X	X	X	X	X												
3	Sistema de Medición, Protección, Control y Comunicación	X	X	X	X	X	X	X						X	X					
3.1	Construcción de Obra Civil (edificio de control)	X		X	X	X	X	X	X											
3.2	Montaje de Equipos PCCM (Protección, Control, Comunicación,			X	X	X	X	X				X								
3.3	Montaje e Instalación de Elementos de Protección, Control y			X	X	X	X	X												
3.4	Montaje e Instalación de Elementos y Equipos Auxiliares	X		X	X	X	X	X												
3.5	Montaje e Instalación del Sistema Contra Incendio (Extintores y CO2)		X	X	X	X	X	X		X										
3.6	Montaje e Instalación de Equipos de Acondicionamiento de Aire y		X	X	X	X	X	X												
4	Sistema de Transformación	X	X	X	X	X	X	X						X	X					
4.1	Construcción de Obra Civil (Cimentaciones, trincheras, fosa	X		X	X	X	X	X	X											
4.2	Montaje de Equipos Eléctricos de Potencia (bus rígido, transformador)			X	X	X	X	X				X								
4.3	Montaje e Instalación de Elementos de Protección, Control y			X	X	X	X	X						X						
4.4	Montaje e Instalación de Elementos Electromecánicos Auxiliares	X		X	X	X	X	X												
4.5	Montaje e Instalación de Equipos Contra Incendio	X	X	X	X	X	X	X												
5	Sistema de bahía de Transmisión	X	X	X	X	X	X	X						X						
5.1	Construcción de Obra Civil	X	X	X	X	X	X	X												
5.2	Montaje e Instalación de Elementos de Protección, Control y		X	X	X	X	X	X				X								
6	Sistema de Transmisión de alta tensión	X	X	X	X	X	X	X						X						
6.1	Construcción de Obra Civil (cimentaciones, estructuras)	X	X	X	X	X	X	X	X											
6.2	Montaje e Instalación de Elementos de Protección, Control y	X		X	X	X	X	X				X								
6.3	Construcción del punto de interconexión	X	X	X	X	X	X	X				X								
7	Sistema de Obras Auxiliares	X		X	X	X	X	X						X						
7.1	Construcción de Obra Civil	X		X	X	X	X	X												
7.2	Montaje de Equipos Eléctricos de Potencia			X	X	X	X	X												

Tabla 8.- Sistemas y Procesos constructivo de una central eólica

De conformidad con el proceso constructivo de una central eólica en la siguiente tabla se muestran las actividades de los sistemas y procesos que superviso como responsable del área mecánica en la construcción de una central eólica.

		ESPECIALIDADES						OPORTUNIDAD		
		C	M	EI	PA	SI	CA	SC	V	A
1	Sistema de Generación	X	X	X	X	X	X	X	X	
1.1	Construcción de Cimentaciones de Aerogeneradores	X	X	X	X	X	X	X	X	
1.1.7	Suministro y Almacenamiento del Sistema de Anclaje	X	X	X	X	X		X	X	
1.1.8	Colocación de Embebidos (virola o anclas, ductos)	X	X	X	X	X	X	X		
1.2	Montaje de Aerogeneradores		X	X	X	X	X	X	X	
1.2.1	Suministro y Almacenamiento de Materiales y Equipos		X	X	X	X	X	X	X	
1.2.3	Montaje del Tramo Inferior de Torre		X	X	X	X	X	X	X	
1.2.4	Montaje del Tramo Intermedio de Torre		X	X	X	X	X	X	X	
1.2.5	Montaje del Tramo Superior de Torre		X	X	X	X	X	X	X	
1.2.6	Armado y montaje del Rotor		X	X	X	X	X	X	X	
1.2.8	Rotulado de la Torre		X	X	X	X	X	X		
1.3	Montaje de Transformadores de Media Tensión		X	X	X	X	X	X		
1.3.1	Montaje del Transformador de media tensión		X	X	X	X	X	X		
1.4	Montaje e Instalación de Controladores y Seccionadores		X	X	X	X	X	X		
1.4.1	Montaje e Instalación del Tablero de Media Tensión y del Tablero de Control		X	X	X	X	X	X		
1.5	Montaje e Instalación de Elementos Electromecánicos Auxiliares de la Nacelle		X	X	X	X	X	X		
1.5.1	Instalación de instrumentos de medición de viento		X	X	X	X	X	X		
1.5.2	Instalación de Luces de obstrucción		X	X	X	X	X	X		
1.5.3	Instalación de Escaleras del Aerogenerador		X	X	X	X	X	X		
1.5.4	Instalación de equipo de ascenso y descenso		X	X	X	X	X	X		
1.6	Montaje e Instalación de Equipos Contra Incendio (Extintores)		X	X	X	X	X	X		
1.6.1	Instalación de equipos contra incendio en el aerogenerador		X	X	X	X	X	X		
1.7	Montaje e instalación del sistema de enfriamiento		X	X	X	X	X	X		
1.7.1	Interconexión del sistema		X	X	X	X	X	X		
3	Sistema de Medición, Protección, Control y Comunicación	X	X	X	X	X	X	X	X	
3.5	Montaje e Instalación del Sistema Contra Incendio		X	X	X	X	X	X	X	
3.5.1	Montaje e instalación de tablero contra incendio		X	X	X	X	X	X	X	
3.5.2	Montaje e instalación de equipos contra incendio		X	X	X	X	X	X	X	
3.6	Montaje e Instalación de Equipos de Acondicionamiento de Aire y Ventilación		X	X	X	X	X	X		
3.6.1	Montaje e instalación de equipos de aire acondicionado (Paquete o Dividido)		X	X	X	X	X	X		
3.6.2	Instalación de extractores de aire		X	X	X	X	X	X		
4	Sistema de Transformación	X	X	X	X	X	X	X	X	
4.5	Montaje e Instalación de Equipos Contra Incendio	X	X	X	X	X	X	X	X	
4.5.2	Instalación de protección contra explosión	X	X	X	X	X	X	X	X	
5	Sistema de bahía de Transmisión	X	X	X	X	X	X	X	X	
5.1	Construcción de Obra Civil (plataforma, cimentaciones, montaje de estructuras,	X	X	X	X	X	X	X	X	
5.1.5	Montaje de estructuras mayores y menores	X	X	X	X	X	X	X	X	
6	Sistema de Transmisión de alta tensión	X	X	X	X	X	X	X	X	
6.1	Construcción de Obra Civil (cimentaciones, estructuras)	X	X	X	X	X	X	X	X	
6.1.3	Montaje y armado de estructuras	X	X	X	X	X	X	X	X	

Tabla 9.- Sistemas, Proceso y actividades a supervisar.

Hay dos actividades principales que desarrollo para realizar la supervisión de la construcción de un proyecto y las cuales son:

1.- Supervisión Continúa.- Es la actividad diaria de verificación, atestiguamiento, seguimiento físico y documental cuyo objetivo básico es asegurar el cumplimiento de los requisitos contractuales, los aspectos técnicos, de calidad, protección ambiental, seguridad y salud en el trabajo en la realización de las actividades constructivas del proveedor. No requiere ser notificada al proveedor o contratista, ya que son actividades de verificación y seguimientos sistemáticos que se realiza de forma preventiva, selectiva y prioritaria. Tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Las actividades de construcción se realicen de acuerdo con los documentos establecidos en el contrato: Bases de Licitación, Especificaciones Técnicas, procedimientos documentados, normativa aplicable, etc. e ingeniería aprobada del Proveedor.
- b) El Proveedor cuente con planes de inspección y pruebas de construcción y montaje para los sistemas del proyecto, conciliados, emitidos y validados con anterioridad al inicio de las actividades constructivas.
- c) El Proveedor cuente con los recursos humanos, materiales y equipos necesarios, para realizar las actividades constructivas.
- d) Identificar conforme al programa constructivo, las actividades relativas al avance de construcción de la obra, las iniciadas, en proceso y las terminadas, analizando y documentando las causas que afecten la oportunidad de las fechas claves o eventos críticos de la obra, para su cumplimiento y atención por el Proveedor.
- e) Verificar dentro de las actividades del área mecánica, que los sistemas, equipos, componentes e instalaciones, cumplan con los aspectos de protección ambiental y seguridad y salud en el trabajo en coordinación con las áreas respectivas.
- f) Mantener en todo momento acciones dirigidas hacia la prevención de desviaciones e indicar de manera verbal al Proveedor, o documentar cuando sea necesario en Cartas Preventivas utilizando el MSC-SIIGPro.

- g) Derivado de las actividades de supervisión, si se detectan posibles incumplimientos, se emitirá una Carta Preventiva, de ya existir incumplimientos a los requisitos establecidos contractualmente, se documenta un Reporte de No Conformidad, utilizando el MSC-SIIGPro. Este documento se imprime y se entrega al Proveedor para que se tomen las acciones necesarias para su corrección. De ser repetitivos los incumplimientos, por el Proveedor, el Residente de Especialidad, los supervisores técnicos y de gestión, en conjunto con el residente de obra, se analiza la causa raíz y de ser necesario se solicitó paro de actividades al Proveedor, hasta que se corrijan las desviaciones.
- h) Documentar los cambios de diseño detectados durante la construcción del proyecto, de acuerdo al Procedimiento AC06 “Control y Cambios de Diseño”; estos deben ser comunicados por el RO a la Jefatura del Proyecto, según se acuerde y ser reportados en el MSC-SIIGPro. Verificar que dichos cambios de diseño vengán autorizados por el Departamento de Ingeniería del Proveedor y con el visto bueno del Departamento Técnico correspondiente de la Subgerencia de Ingeniería Básica (Autoridad de Diseño).
- i) Participar en la supervisión de las pruebas de montaje junto con el personal del Proveedor y documentar los resultados en el MSC-SIIGPro, así como también la supervisión de las pruebas en fábrica, las pruebas constructivas y seguimiento a la fabricación de componentes. Entre las más destacadas están:
- Pruebas de continuidad de cables.
 - Pruebas de conexión punto a punto de cables de potencia y control
 - Pruebas de resistencia de aislamiento a devanados.
 - Índice de polaridad.
 - Registros de alineación de equipo rotatorio.
 - Confirmación de secuencia rotativa de fases en motores eléctricos
 - Pruebas a transformadores principales y auxiliares

2.- Vigilancia.- Es la actividad de supervisión interdisciplinaria enfocada al control y seguimiento de los procesos, utilizando la metodología de análisis de riesgo (ACR), para la prevención de eventos no deseados, la cual debe ser programada y notificada al proveedor.

Esta se planifica en un programa de vigilancias para el proyecto, abarca desde el inicio de la construcción hasta la transferencia a puesta en servicio, se elabora en colaboración del residente de obra, los residentes de especialidad y los supervisores ambientales y de seguridad y salud en el trabajo, Tomando como base el programa general de construcción del proveedor, identificando todos los procesos críticos del proyecto.

Mediante reuniones de trabajo interdisciplinarias y coordinadas por el residente de especialidad líder, se deberá de establecer el objetivo de la vigilancia y se analiza los posibles procesos críticos a vigilar utilizando la metodología “análisis cualitativo de riesgos (ACR). Para ello se debe recopilar:

- La información necesaria relacionada con la actividad a vigilar; Ej. procedimientos, planos, códigos, especificaciones, normas, contrato, manuales, protocolos, etc.
- Revisar los Reportes de No Conformidad documentados en Supervisión Continua y durante vigilancias anteriores.
- Gestionar con el Proveedor la entrega del Plan y Programa de Trabajo con el cual llevará a cabo la actividad a vigilar.
- Definir la fecha de inicio de la Vigilancia.
- Solicitar a través de la GCPT, cuando sea necesario, el apoyo de los especialistas técnicos en las diferentes disciplinas: Civil, Mecánica, Eléctrica, etc. Estos grupos de especialistas realizarán las labores de Inspección Técnica en cada una de sus especialidades, los cuales preferentemente deberán contar con una certificación técnica de norma.
- Los grupos de apoyo que se integren a una Vigilancia, deberán realizar las actividades que en común acuerdo se establezcan con el Líder de la Vigilancia y asistir a las reuniones que se indiquen para tal fin.
- Definir los requisitos de gestión a vigilar, sin limitarse a lo siguiente: Control de la documentación, gestión de los recursos, revisión de la ingeniería, control de la producción, control operacional, control de los dispositivos de medición, estado de inspección y prueba, control del producto no conforme, etc.

Se utiliza la metodología de Análisis Cualitativo de Riesgos (ACR) para la identificación de las causas de fallas asociadas a los Procesos y/o Tareas críticas así como sus consecuencias en caso de falla, minimizando la posibilidad de que tales fallas afecten el desarrollo del Proyecto.

Consiste en identificar todos los procesos críticos que se pueden presentar a lo largo de la construcción. Por supuesto, no se cuenta con el tiempo y los recursos para analizarlos todos, de tal forma que se deben identificar aquellos que por su relevancia o por su impacto en el proyecto sean lo suficientemente importantes como para analizarlos.

Se plantea el modo de falla de los procesos críticos, haciendo el cuestionamiento ¿Por qué puede fallar?. En este punto, mediante lluvia de ideas se identifica las causas que pudieran provocar la falla. Para ello es necesario contar con el plan, procedimiento y programa de trabajo de la Tarea/actividad con un desglose más detallado e identificar las actividades que pudieran tener la mayor probabilidad de falla.

En cada causa de falla, el uso reiterado del cuestionamiento ¿Por qué puede fallar?, nos permite ampliar el análisis hasta identificar la causa raíz que pueda originar un evento no deseado. Este análisis dependerá de la información disponible, de la capacidad y experiencia del grupo interdisciplinario.

Una vez que se identificaron las posibles causas que pudieran provocar la falla debemos preguntarnos ¿Cómo se puede evitar?, esto nos llevará a establecer, para cada causa de falla, la o las posibles barreras técnicas o administrativas (salvaguardas) necesarias para evitar la ocurrencia del evento no deseado.

Al plantear las posibles barreras, debemos preguntarnos ¿Qué pasa si?, esto es, que pasa si a pesar de establecer las barreras, se presenta el evento no deseado asociado al proceso crítico que estamos analizando, a partir de este cuestionamiento se deben establecer cuáles serían las consecuencias hacia las estructuras, equipos, personal y ambiente.

Después de realizar el planteamiento de todas las posibles consecuencias, se establecen las medidas/acciones de Mitigación, Control, Recuperación y Restauración que corresponda, esto da origen a las Guías Específicas o listas de verificación de Supervisión, las cuales se aplicaran durante la vigilancia o supervisión continua con el propósito de comprobar en campo, antes y durante el desarrollo del proceso crítico, que el Proveedor tenga efectivamente incorporadas las salvaguardas y las correspondientes medidas de control y mitigación para el proceso crítico que se analizó.

Durante la ejecución de la vigilancia se verifica el cumplimiento de las barreras técnicas y administrativas, para lo cual se supervisarán los procesos constructivos en sitio y se recabarán todas las evidencias objetivas que permitan tener el respaldo para documentar el reporte de la vigilancia, si se detectan desviaciones a nivel del proceso constructivo, se comunica al proveedor las desviaciones que fueron detectadas. Y de ser necesaria la emisión de un Reporte de No Conformidad se emitirán oficialmente al Proveedor de manera inmediata.

La Vigilancia concluye al darse por terminadas las actividades del proceso crítico al cual se le aplicó la metodología ACR. En caso de presentarse la ocurrencia de un evento no deseado que impida la terminación del proceso crítico, se mantendrá abierta la Vigilancia hasta que el proceso crítico se concluya de forma exitosa.

Estas son mis dos herramientas principales para la ejecución de mi trabajo están respaldadas por su respectivo procedimiento de trabajo, documentos en los cuales se establecen las tareas a realizar como parte de mis funciones en el puesto de Residente Mecánico. Mismas que se resumen en el siguiente diagrama:

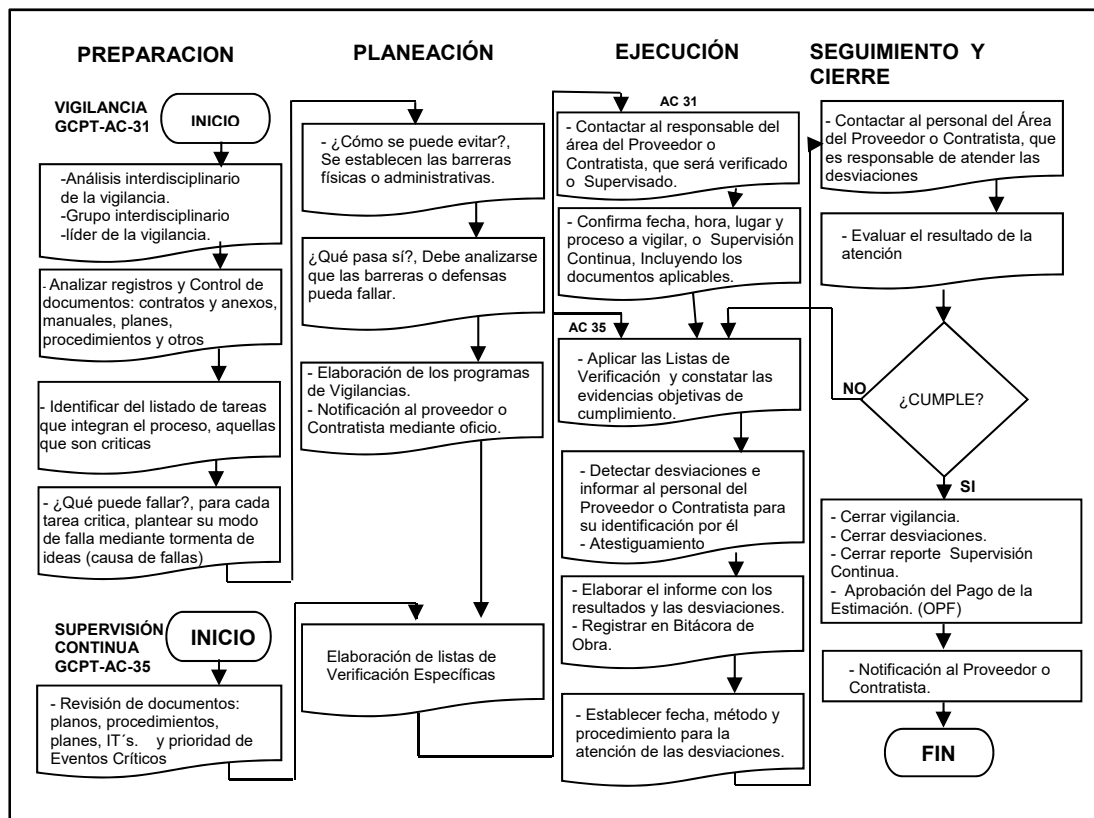


Diagrama 3.- Diagrama de flujo para vigilancias y supervisión continua

Para poder desarrollar adecuadamente la supervisión es importante conocer las características generales y particulares del proyecto, Ya que el supervisar se puede describir como la comparación de lo que se está realizando, con lo que debe de ser, y al resultar una diferencia entre esta comparación, se está incumpliendo en algún requisito, para ello es necesario recabar y analizar la siguiente documentación del proyecto de la cual obtendremos los requisitos que se deberán cumplir y constatar mediante la supervisión:

- Bases de licitación.- Son los documentos que elabora y emite la CFE para realizar una licitación pública, proceso mediante el cual se realiza la contratación de obras. Se integra por programas, planos, especificaciones y requerimientos de Ingeniería, de construcción y de desempeño de las instalaciones. Plasmando en ellos las características técnicas, calidad, ambientales y de seguridad y salud en el trabajo mínimas que debe tener la central eólica, para su proceso de licitación apegándose a lo dispuesto en la Ley de Obras Públicas y servicios relacionados con las mismas, así como con el reglamento de obras públicas y servicio relacionados con los mismos vigentes.
- Contrato y sus anexos.- es el documento en donde se establecen las responsabilidades que tendrán durante el periodo de vigencia del contrato y que son de mutuo acuerdo entre el Ganador del proceso de licitación del proyecto y la Comisión federal de electricidad. Y para este tipo de proyectos el contrato tiene por objeto, la provisión y venta de la producción neta de energía eléctrica de origen eólico.
- El programa general de construcción.- Muestra los periodos de ejecución de las diferentes actividades constructivas que se desarrollaran durante la etapa de construcción, y que se deberán cumplirse oportunamente para evitar atrasos. Con este programa se planea la supervisión y determinar los fretes de trabajo, así como los puntos relevantes de cada actividad a supervisar.
- Los documentos técnicos y normativos del licitante ganador.- Es su sistema de gestión documental, que de acuerdo a las bases de licitación, esté debe estar certificado bajo las normas de calidad (NMX-CC-9001-IMNC-2008), ambiental (NMX-SAA-14001-IMNC-2004), seguridad y salud en el trabajo (NMX-SAST-18000-IMNC-

2008), los documentos que lo conforma son: su manual, plan, programas ambientales y de seguridad y salud en el trabajo, procedimientos operativos, procedimientos de normas y registros. Que se aplicaran para el diseño, construcción y operación de la central eólica.

- El uso de leyes, códigos y normas aplicables.- Es necesario conocer las Normas, Reglamentos, Leyes, Códigos y Especificaciones técnicas aplicables para el proyecto, ya que son las directrices a cumplir para que resulte una central de calidad, confiable y segura, así como amigable con el medio ambiente
- El Libro de anteproyecto.- es el conjunto de documentos elaborados por el licitante y en el cual se establece y cubre los requisitos de las bases de licitación en cuanto a la Ingeniería básica, datos garantizados, diagramas esenciales, arreglos generales y criterios de diseño del proyecto, de conformidad las bases de licitación.
- Procedimientos constructivos.- En estos documentos se establece y detalla paso a paso de las actividades a ejecutar y del cual se genera un registro, documento que demuestra y deja constancia del trabajo realizado.

Además desarrollar las siguientes actividades como parte de mis funciones al seguimiento de la supervisión al montaje electromecánico de los aerogeneradores que conforman la central eólica supervisión y en este caso particular de la obra el Proyecto C.E. Sureste I, fase II y que fue el proyecto más reciente, en el cual participe en el puesto de Residente Mecánico:

- Conocer y aplicar en el manual integral de los sistemas de gestión de la CPT, Plan de Calidad, Procedimientos e Instructivos de Trabajo vigentes.
- Elaborar y controlar los programas de actividades a desarrollar en mi área de especialidad.
- Planear y coordinar la implementación de los procedimientos de supervisión propios del área de especialidad y supervisar su aplicación.
- Coordinar y organizar al grupo de supervisión que están a mi cargo.

- Asignar los frentes de trabajo a supervisar por el personal a mi cargo.
- Proponer el programa de capacitación del personal que está a mi cargo y vigilar su cumplimiento
- Evaluar y remitir al residente de obra el desempeño del personal que está a mi cargo.
- Revisar e identificar los alcances y requisitos establecidos en el contrato y sus anexos, manuales, planes, procedimientos y otros documentos, que apliquen al proceso de construcción de las centrales.
- Vigilar que la construcción de las obras se realice de acuerdo a los requisitos establecidos en el contrato, procedimientos, normas, códigos, legislación vigente y cumpliendo con las practicas prudentes de la industria.
- Revisar y verificar que el programa contractual de construcción, los trabajos correspondientes al área específica, cubran todos los edificios, obras, equipos principales y sistemas del área de especialidad.
- Mantener informada a la residencia de obra acerca de las actividades relevantes y desviaciones detectadas durante la supervisión al proceso constructivo, presentando cuando se me solicite las alternativas para su solución.
- Supervisar que el desarrollo de la construcción de la obra, se lleve de acuerdo a la ingeniería establecida en el contrato, revisada y autorizada en su última revisión.
- Planear, realizar y documentar las actividades de supervisión continua y vigilancias conforme a los procedimientos aplicables.
- Efectuar el seguimiento y medición de los procesos de supervisión de mi área de especialidad.

- Efectuar la revisión de los procedimientos de construcción y montaje del proveedor y/o contratista para constatar su apego al contrato, especificaciones, planos, códigos y normas, así como emitir los comentarios procedentes.
- Contribuir en la supervisión al proveedor y/o contratista, para que den cumplimiento a su propio sistema de gestión de calidad, ambiental, seguridad y salud en el trabajo.
- Llevar el control conforme al programa constructivo, de las actividades relativas al avance de construcción de la obra, las iniciadas, en proceso y terminadas.
- Revisar y verificar el contenido de integración nacional de los equipos, obras y servicios, tomando en cuenta las disposiciones legales vigentes.
- Dar apoyo técnico al residente de calidad y control de obra en relación a los avances y el proceso constructivo ejecutado y la problemática de obra, para la elaboración de los informes y reportes de la residencia de obra.
- Interactuar con los demás residentes de especialidad con el fin de delimitar los alcances entre ellas, evitando dejar actividades sin cubrir, así como interferencias que afecten la calidad y oportunidad de los trabajos.
- Participar en reuniones de trabajo internas y externas, para revisar, analizar y proponer soluciones a las problemáticas que se vayan presentando durante el desarrollo de la construcción.
- Participar en los recorridos de fin de montaje del área a cargo, para comprobar el grado de cumplimiento y terminación de los trabajos, conforme a lo indicado en planos, procedimientos, códigos y normativa aplicable, haciendo los señalamientos que procedan al proveedor y/o contratista, para su documentación y corrección, dándole seguimientos hasta el cierre de manera satisfactoria.

Como se puede observar cada una de las tareas que realizo tienen por meta el asegurar que los trabajos, equipos, elementos, materiales y el personal involucrado en la construcción de la central cumplan con los requisitos técnicos, normativos, legales, calidad, ambientales y de seguridad establecidos para el proyecto, todo esto desde la perspectiva y lo relacionado con la Ingeniería mecánica. De forma tal que se construya una central de calidad, confiable, segura y que se amigable con el medio ambiente.

Para dejar constancia de las actividades de supervisión y de vigilancia, la coordinación de proyectos termoeléctricos ha implementado un medio electrónico que se denomina sistema informático integral para la gestión de proyectos (SIIGpro).

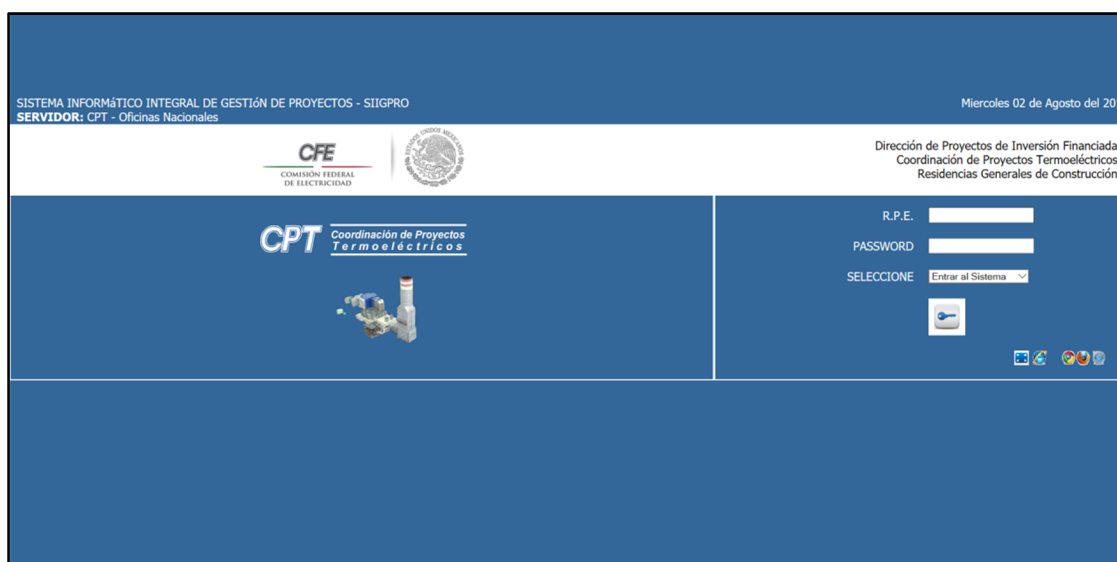


Foto 26.- Sistema informático integral de gestión de proyectos

Consta de cuatro módulos que sirven para descargar la información que se genera durante las actividades de supervisión continua y de los procesos que se realizan para la realización de las vigilancias a las actividades de construcción.

En el módulo sistema de control de documentos se encuentra todo la documentación de forma electrónica relacionada con el proyecto, como puede ser: contrato, libro de anteproyecto, programas de construcción, planos, procedimientos de trabajo, procedimientos de pruebas entre varios más.

Documento	Titulo	Rev	Fecha Rev	Area	Fecha Recep	Emisor
07 8 00366	Conjunto 3 palas LM48.8P (5 hojas)	0	26/11/2012	M	28/ABR/2014	ALSTOM Power Wind Archivero RO
07400000	Conj. Utíl ensamble eje lento - MULTIP.	0	12/07/2007	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07400001	Utíl ensamble eje lento-MULTIPLICADOR	0	12/07/2007	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07400002	Puente extractor	0	02/09/2008	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07400003	BULÓN	0	12/07/2007	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07400004	ARANDELA ESPECIAL	0	12/07/2007	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07780180000	Utíl montaje palas (3 hojas)	0	22/10/2008	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07800051	Utíl alineación generador 1	0	25/07/2007	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07800052	Utíl alineación generador 2	0	23/07/2007	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07800053	Utíl alineación generador 3	0	25/07/2007	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07800054	Utíl alineación generador 4	0	25/07/2007	M	28/ABR/2014	ECOTÉCNIA Archivero RO
07800055	Conjunto útiles alineación generador (2 hojas)	1	26/04/2010	M	28/ABR/2014	ALSTOM Power Wind Archivero RO
07800056	Conjunto usado B1 (2 hojas)	5	11/06/2013	M	28/ABR/2014	ALSTOM Power Wind Archivero RO

Foto 27.- Modulo control de documentos

En el módulo sistema de Supervisión Continua (SSC), es donde se registra la información generada por la supervisión de los recorridos diarios a las actividades de construcción en los diferentes frentes de trabajo, en cuanto inicios y términos de trabajos, avances constructivos, problemáticas ya sea técnicas o sociales, evidencias fotográficas y documentales, aspectos de calidad, ambientales de seguridad y salud en el trabajo.

Foto 28.- Módulo de supervisión continua

El reporte consta de tres partes, en la primera “Avance de la construcción”, se registra lo observado en campo, de las actividades que se supervisaron en los diferentes frentes de la obra, en cuanto a inicios, terminaciones, problemáticas, aspectos relevantes, que por su importancia signifique un avance importante o bien, afecten y/o desvíen el desarrollo del proyecto, además se incluye los aspectos que impacten la salud o la integridad del personal, así como lo relacionado a los impactos ambientales.

1.- BLOQUE DE GENERACION / SISTEMA DE GENERACIÓN / CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES DE AEROALMACENAMIENTO DEL SISTEMA DE ANCLAJE (6/MAR/2014 ▶ 27/05/2014)

AVANCE EN LA CONSTRUCCIÓN
 Con fecha 04/03/2014 se inicia el suministro de los elementos que conformaran el sistema de anclaje de la cimentación, se enlistan los materiales suministrados en sitio:

- 544 anclas galvanizadas clase 10.9, con longitud 3.55 mts, diámetro 36 mm, con 2 tuercas hexagonales clase 10.9 y diámetro de 36 mm, incluye camisa de pvc.
- 32 pernos de nivelación, con una longitud de 72 cm, diámetro 36 mm
- 42 cajas de arandelas planas galvanizada con 220 pzas c/u.

AVANCE CUANTITATIVO
 11.7 %

Foto 29.- Reporte de supervisión “avance en la construcción


En la segunda sección se registra los detalles que se verificaron (lista de verificación) referentes a las actividades supervisadas de los frentes de la obra, así como de las referencias, soporte o sustento de las mismas. En donde también se puede agregar evidencia fotográfica.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN CONSTRUCTIVOS/REQUISITOS DE CALIDAD
 SE VERIFICO QUE EL SISTEMA DE ANCLAJE CUENTEN CON LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:


- ACERO GAVANIZADO
- LONGITUD DE 3.55 MTS
- DIAMETRO 36 MM
- PROTECTOR DE PVC

DOCUMENTOS DE REFERENCIA
 PLANO No. D.25.MX.W.41622.38.165.03 CIMENTACION DE AEROGENERADORES PLANTA DIMENSIONES GENERALES, CORTES Y DETALLES 1/6 REV. 03

FOTOS AGREGADAS



SUMINISTRO DE ANCLAS



DESCARGA DE MATERIALES

Foto 30.- Criterios de aceptación

En la tercera sección se registra lo observado en cuanto a los aspectos ambientales así como los de seguridad y salud en el trabajo. Todo esto en referencia a los posibles impactos generados por las actividades de construcción.

ASPECTOS RELATIVOS AMBIENTAL / SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO
Se supervisa que en el sitio cuenten con sus letrinas móviles.
Se supervisa que el personal cuente con su equipo personal necesario para realizar las actividades correspondiente al almacenamiento de la secciones de torre.
Se verifica que la velocidad de viento se la adecuada para realizar el almacenamiento de torres.

Foto 31.- Características ambientales y de seguridad

El módulo de Vigilancia cuenta con cuatro subprocesos en el primero se genera el programa de vigilancias teniendo como base principal el programa de construcción y el proceso constructivo de la central eólica, estableciendo el objetivo o alcance de la misma así como la fecha propuesta a realizarse. Para tener un adecuado control y atención de las vigilancias que se efectuaran en el transcurso de cada año. Y se emite el programa de forma trimestral para notificar al proveedor y conciliar las fechas de ejecución para su adecuada atención.

VIGILANCIA	ALCANCE	CLAVE	PROGRAMACIÓN	EDO
Recepción de componentes del Aerogenerador	Esta vigilancia aplica a las actividades previas y durante el proceso de recepción de los componentes, equipos y materiales del Aerogenerador.	VM-01	23-Abr-2014	● ● ● ●
Montaje de Aerogeneradores	Aplica al montaje de las secciones de torre y elementos en su interior: tablero de media tensión, tablero de control y los registros que se derivan de dicha actividad de acuerdo al programa de construcción.	VM-02	6-Jun-2014 18-Jun-2014	● ● ● ●
Montaje de Aerogeneradores	Verificación en campo de las actividades de montaje de las secciones de torre, instalación del elevador AVANTI, los reportes de la calidad del mortero grout utilizado en la instalación de las placas de nivelación y en la junta de pedestal con la brida inferior de la primera sección de torre.	VM-03	18-Ago-2014R 23-Ago-2014R	● ● ● ●
Montaje de aerogeneradores (Nacelle y Rotor)	Verificación en campo del montaje del nacelles, bujes y palas, del parque Eólico 40 C.E. Sureste I, Fase II, en conformidad con los procedimientos.	VM-04	1-Sep-2014R 30-Ago-2014	● ● ● ●
Sistema contra incendio (S.E. Sureste I)	Esta vigilancia aplica para el sistema contra incendio en el cuarto de control, transformador y bahías de la subestación eléctrica sureste I.	VM-05	28-Nov-2014R	● ● ● ●

Foto 32.- Programa de Vigilancia

El siguiente subproceso corresponde a elaborar el plan de trabajo, documento con el cual se notifica al proveedor de la aplicación o ejecución de la vigilancia, estableciendo claramente el objetivo, alcance, personal participante, periodo de realización y las área involucradas.

Plan Programa Desarrollo

40 - CE SURESTE I, FASE II
PLAN DE TRABAJO DE LA VIGILANCIA
(VM-01) RECEPCIÓN DE COMPONENTES DEL AEROGENERADOR

PROVEEDOR: ENERGÍAS RENOVABLES LA MATA, S.A.P.I. DE C.V. ESTADO: ●

OBJETIVO: VERIFICAR QUE EL PRODUCTOR EXTERNO DE ENERGÍA CUENTE CON LA MAQUINARIA, MATERIALES Y ACCESORIOS ADECUADOS, ASÍ COMO EL PERSONAL CALIFICADO PARA LLEVAR ACABO LA RECEPCIÓN, INSPECCIÓN, ALMACENAMIENTO, MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MATERIALES, EN CUMPLIMIENTO A LOS REQUISITOS QUE SE INDICAN EN LAS BASES DE LICITACIÓN, REQUISITOS DE NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE.

ALCANCE: ESTA VIGILANCIA APLICA A LAS ACTIVIDADES PREVIAS Y DURANTE EL PROCESO DE RECEPCIÓN DE LOS COMPONENTES, EQUIPOS Y MATERIALES DEL AEROGENERADOR.

FECHA DE ELABORACIÓN: 14-Abr-2014 ARCHIVOS DE SOPORTE ●

RESPONSABLE A CONTACTAR:
Ing. Mynor Marquez
Gerente de construcción E&C, energías renovables la mata, S.A.P.I. de C.V.
Ing. Alejandro López
Residente/Coordinador en sitio.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA (NORMATIVA APLICABLE, PLAN DE CALIDAD, PROCEDIMIENTOS, ITS, ETC.):
Contrato PIF - 025/2012, clausula 5, numerales 5.1, 5.4, Anexo 11, en su numeral 11.3.2
NMX-CC-9001-IMNC-2008, seccion 7, puntos 7.1, 7.4, 7.5.1, 7.5.2
NMX-SAST-001-IMNC-2008, seccion 4, punto 4.2
NOM-004-STPS-1999
NOM-018-STPS-2011
CFE DS500-01, 02, 03
NRF-001-CFE-2007

FECHA Y HORARIO ESTIMADO PARA LA REALIZACIÓN DE LA VIGILANCIA: 23/04/2014 al 30/04/2014

OBSERVACIONES: Se recomienda que cuente en sitio los documentos, registros y certificaciones de la maquinaria, materiales y personal, que participara en la recepcion de los componentes del Aerogenerador.

FECHA ESTIMADA DE ELABORACIÓN Y NOTIFICACIÓN DEL REPORTE FINAL: 10-May-2014

RESIDENCIA REGIONAL DE CONSTRUCCIÓN VI - VERACRUZ SISTEMA INTEGRAL DE INFORMACIÓN PA

Foto 33.- Plan de trabajo

En el siguiente subproceso se elaboran las listas de verificación o barreras a verificar en la vigilancia aplicando el procedimiento análisis cualitativo de riesgo.

CFE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Plan Programa Desarrollo

40 - CE SURESTE I, FASE II
ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS
(VM-01) RECEPCIÓN DE COMPONENTES DEL AEROGENERADOR

DISCIPLINA: Todas las Disciplinas TIPO DE ACTIVIDAD: Críticas ACTIVIDAD: Todas las actividades

CAUSA DE FALLA: No tener un espacio, plan y/o logística para el adecuado almacenamiento de las secciones de torre, nacelle, buje, palas, transformador de media tensión, Tablero de media tensión, tablero de control y accesorios (escaleras de acceso, tornillería, cable de vida, elevador, luminarias).

BARRERA	DISCUMPLE	RESULTADO
Verificar que el productor cuente con el espacio, plan y/o logística para el adecuado almacenamiento de las secciones de torre, nacelle, buje, palas transformador de media tensión, tablero de media tensión, tablero de control y accesorios (escaleras de acceso, tornillería, cable de vida, elevador, luminarias), NRF-001-CFE-2007 apartado 5.7 y/o recomendaciones del fabricante.	EI	● El Productor evidenció el siguiente documento en el cual muestra los lugares de almacenamiento y acomodo de los diferentes elementos que conforman el aerogenerador: Copia de RFI 55 y Dibujo Plataforma.
Verificar que el productor cuente con el espacio, plan y/o logística para el adecuado almacenamiento de las secciones de torre, nacelle, buje, palas transformador de media tensión, tablero de media tensión, tablero de control y accesorios (escaleras de acceso, tornillería, cable de vida, elevador, luminarias), NRF-001-CFE-2007 apartado 5.7 y/o recomendaciones del fabricante.	M	● El Productor entrega los siguientes documentos en los cuales son los lugares de almacenamiento y acomodo de los diferentes elementos que conforman el aerogenerador: Copia de RFI# 55 y Dibujo Plataforma. ACOPIO TRAMOS

CAUSA DE FALLA: Las grúas no tienen la capacidad de carga para realizar las maniobras de izaje de los componentes, materiales y equipos.

BARRERA	DISCUMPLE	RESULTADO
Verificar que el productor cuente con el certificado de inspección en	SI	● El productor mostró certificado de inspección y póliza de seguro que

CFE / DP/IF / CPT / RESIDENCIA REGIONAL DE CONSTRUCCIÓN VI - VERACRUZ SISTEMA INTEGRAL DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE

Foto 34.- Análisis cualitativo de riesgos

En la fecha establecida y durante el tiempo en la que se realiza la vigilancia se utiliza el tercer subproceso y el cual consiste en registrar el resultado de la aplicación de las barreras o listas de verificación durante la vigilancia y el cual se

le conoce como historial, mismo que permanece activo hasta que se da, por terminada la vigilancia y esto es con la atención o cumplimiento a lo solicitado durante la misma.



Foto 35.- Historial de vigilancias

En el último subproceso se genera el reporte, mismo que es notificado al proveedor y se le hace saber si hubo alguna desviación encontrada durante la ejecución de la vigilancia y el estado que guarda la misma. En cuanto al cumplimiento de la información solicitada o de lo observado durante los recorridos en campo a las actividades de construcción a vigilar.

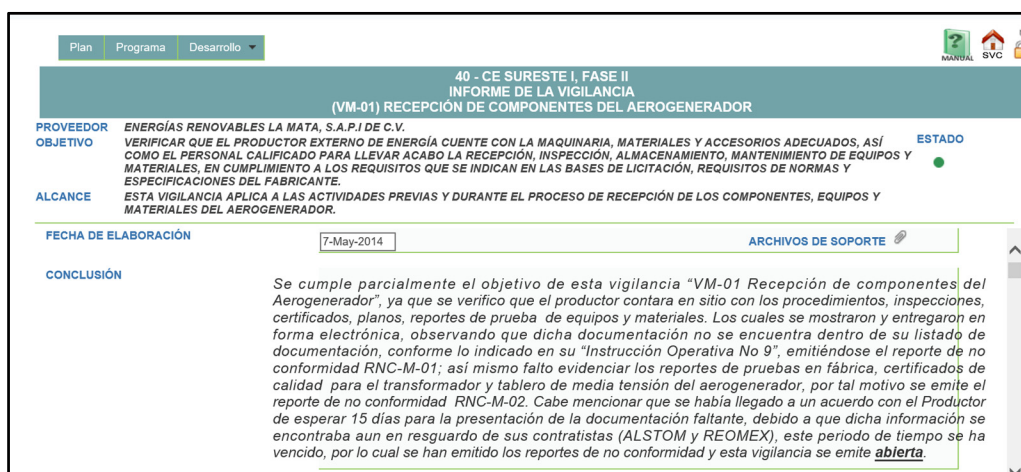


Foto 36.- Reporte de vigilancia

VI.- CONCLUSIONES

Desde la conclusión de mis estudios tengo la satisfacción de trabajar y estar involucrado en esta área de la construcción donde se me ha permitido crecer como persona, desarrollarme profesionalmente y particularmente obtener experiencia al supervisar los procesos constructivos, de montaje, colocación e instalación de equipos destinados a la generación eléctrica en los proyectos a cargo de la comisión federal de electricidad.

Para ello la capacitación recibida en mi centro de trabajo, en conjunto con las bases teóricas y la formación que adquiridas en la carrera de Ingeniería mecánica eléctrica en el campus FES Aragón, me han, permitido supervisar cada uno de los proyectos en los que he participado, y que hoy en día se encuentran generando energía eléctrica, suministrado esta energía a la red eléctrica nacional.

Lo cual me permitió conocer los diferentes tipos modelos y fabricantes de aerogeneradores que son empleados para la generación de energía eléctrica, vigilar los procesos constructivos, secuencia de montaje y las pruebas de puesta en servicio de los equipos que conforman una central de generación de energía eléctrica.

Además de buscar ser un líder en cada una de las tareas que me encomiendan para guiar y motivar a mí equipo de trabajo a lograr nuestros objetivos encomendados, identificando también nuestras fortalezas y debilidades para obtener el máximo provecho de nosotros mismos, que se reflejaran en nuestras actividades laborales con una supervisión oportuna y sustentada.

Me es grato dejar plasmado en este documento de los procesos y actividades que puede realizar un Ingeniero eléctrico mecánico en el área laboral de la construcción y en especial al supervisar el proceso constructivo de una central de generación eléctrica y que este documento brinde una guía a los compañeros que aún se encuentran cursando o están por finalizar la carrera de ingeniería una fracción de este mundo laboral.

VII.- FUENTES DE CONSULTA

- 1) Manual del sistema de gestión integral de la CPT, MISG 1000, Rev. 3
- 2) Plan de calidad para la supervisión de la construcción, GCPT-PCSP, Rev. 4
- 3) Vigilancias a la construcción de proyectos de infraestructura, GCPT-AC-31 Rev. 5
- 4) Supervisión a la construcción de Proyectos de infraestructura, GCPT-AC-35, Rev. 4
- 5) Contrato No PIF-022/2005 31 CE Venta III
- 6) Contrato No PIF-016/2009 33 CE Oaxaca I
- 7) Contrato No PIF-007/2010 34 CE Oaxaca II
- 8) Contrato No PIF-008/2010 34 CE Oaxaca II
- 9) Contrato No PIF-009/2010 34 CE Oaxaca IV
- 10) Contrato No PIF-025/2012 40 CE Sureste I, fase II

LISTADO DE FOTOS

- Foto 1.- Elementos de una central eólica
- Foto 2.- Vialidades
- Foto 3.- Plataformas
- Foto 4.- Colocación de cable media potencia
- Foto.5.- Cimentaciones
- Foto 6.- Colado de cimentaciones
- Foto 7.- Colocación de virola
- Foto 8.- Colocación de corona de pernos
- Foto 9.- Colocación sistema de tierras
- Foto 10.- Aerogenerador
- Foto 11.- Características de aerogeneradores
- Foto 12.- Partes de un aerogenerador
- Foto 13.- Torre de aerogenerador
- Foto 14.- Interior de secciones de torre
- Foto 15.- Escalera interior
- Foto 16.- Cable de seguridad
- Foto 17.- Alumbrado interior
- Foto 18.- Elevador del aerogenerador
- Foto 19.- Secciones de torre
- Foto 20.- Góndola o nacelle
- Foto 21.- Multiplicadora
- Foto 22.- Generador eléctrico
- Foto 23.- Armado de rotor
- Foto 24.- Subestación eléctrica
- Foto 25.- Línea de transmisión
- Foto 26.- Sistema informático integral de gestión de proyectos
- Foto 27.- Modulo control de documentos
- Foto 28.- Módulo de supervisión continúa

Foto 29.- Reporte de supervisión “avance en la construcción

Foto 30.- Criterios de aceptación

Foto 31.- Características ambientales y de seguridad

Foto 32.- Programa de Vigilancias

Foto 33.- Plan de trabajo

Foto 34.- Análisis cualitativo de riesgos

Foto 35.- Historial de vigilancias

Foto 36.- Reporte de vigilancia

LISTADO DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.- Organigrama CPT

Diagrama 2.- Organigrama Residencia de Obra

Diagrama 3.- Diagrama de flujo para vigilancias y supervisión continúa

LISTADO DE PLANOS

Plano 1.- Parque eólico C.E. Venta III

Plano 2.- Parque eólico C.E. Oaxaca I

Plano 3.- Parque eólico C.E. Oaxaca II

Plano 4.- Parque eólico C.E. Oaxaca III

Plano 5.- Parque eólico C.E. Oaxaca IV

Plano 6.- Parque eólico C.E. Sureste I, fase II

Plano 7.- Centrales eólicas en el Istmo de Tehuantepec

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.- Ficha de Proyecto C.E La Venta III

Tabla 2.- Ficha de Proyecto C.E Oaxaca I

Tabla 3.- Ficha de Proyecto C.E Oaxaca II

Tabla 4.- Ficha de Proyecto C.E Oaxaca III

Tabla 5.- Ficha de Proyecto C.E Oaxaca IV

Tabla 6.- Ficha de Proyecto C.E Sureste I, fase II

Tabla 7.- Alcance de la supervisión la de construcción

Tabla 8.- Sistemas y Procesos constructivo de una central eólica

Tabla 9.- Sistemas, Proceso y actividades a supervisar

ABREVIATURAS / SIGLAS

AAS	Cable de acero con recubrimiento de aluminio soldado
ACR/AI	Aviso de Condición Riesgosa / Acto Inseguro
ACSR/AS	Cable aluminio con alma de acero con recubrimiento de aluminio soldado
AEI	Auditoria Especializada Integral
AOM	Área de Oportunidad de Mejora
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CGFO	Cable de guarda con fibras ópticas integradas
CP	Carta preventiva
CPT	Coordinación de Proyectos Termoeléctricos
ESCS	Estructuras, Sistemas, Componentes y Subcomponentes.
GCPT	Gerencia de Construcción de Proyectos Termoeléctricos
GS	Guías de Supervisión
Kcmil	Kilo circular mils
kV	Kilo volt
MVA	Mega volts ampere
MW	Mega Watts
OPF	Obra Pública Financiada
PEE	Productor Externo de Energía
PGC	Programa General de Construcción del Proyecto
PPS	Pruebas y Puesta en Servicio
PVC	Policloruro de vinilo
RECCO	Residente de Calidad y Control de Obra.
RE's	Residencias de Especialidad
RGC	Residencia General de Construcción
RM	Rehabilitación y Modernización
RNC	Reporte de No Conformidad
RO	Residencia de Obra
SGCPASI	Sistema de gestión de calidad, protección ambiental y seguridad industrial
SIIGPro	Sistema Informático Integral de Gestión de Proyectos.