

**TEMA:**  
**RED ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN EN 35 KV**  
**PARA LA CONEXIÓN DE LOS AEROGENERADORES.**  
**“EN EL PARQUE EÓLICO OAXACA III”**

**OPCIÓN: I**  
**TESIS PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**INGENIERO ELÉCTRICO**

**PRESENTA:**  
**JORGE ISMAEL CASTILLEJOS GARCÍA**

**HCA. CD. DE JUCHITÁN DE ZARAGOZA, OAXACA.**  
**OCTUBRE DEL 2018**



SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
Instituto Tecnológico del Istmo

Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza, Oax. 03 – Septiembre – 2018

DEPTO.: DIV. DE ESTUDIOS PROFESIONALES.  
No. DE OFICIO DEP-27/18

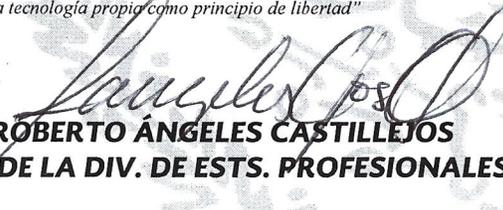
ASUNTO: Se autoriza Impresión de  
Trabajo Profesional.

C. JORGE ISMAEL CASTILLEJOS GARCÍA  
PASANTE DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
P R E S E N T E.

De acuerdo con el reglamento de Titulación y habiendo cumplido con todos los requisitos e indicaciones que la Comisión Revisora le hizo con respecto a su Trabajo Profesional, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le autoriza la impresión del mismo, cuyo tema es: **RED ELÉCTRICA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSIÓN DE 35 KV PARA LA CONEXIÓN DE LOS AEROGENERADORES EN EL "PARQUE EÓLICO OAXACA III"**.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®*  
*"Por una tecnología propia como principio de libertad"*

  
**LIC. ROBERTO ÁNGELES CASTILLEJOS**  
**JEFE DE LA DIV. DE ESTS. PROFESIONALES**



C.c.p. Coordinación de Titulación

  
RAC/MCLP/cgb



Carretera Panamericana Km. 821, C.P. 70000, Hca. Cd. de Juchitán de Zaragoza, Oax.

Conmut. (971) 71-11042, 71-12559, Fax (ext.) 101

[www.itistmo.edu.m](http://www.itistmo.edu.m)

## **AGRADECIMIENTO**

Este documento se lo agradezco al rey de reyes al que está en los cielos, posteriormente a mi familia el cual lo conforma Danae Gutiérrez Toledo (Mi esposa), Diego Ismael Castillejos Gutiérrez (Mi Hijo), Maria Luisa Fuentes López (Mi abuela), Jorge Castillejos Deheza (Abuelo), Josefina García Reyes y Jorge Castillejos Fuentes (Mis padres), por su puesto al resto de mi familia y a los que creen en mí.

A los ingenieros y amigos que me dieron la oportunidad de emprender en el rubro de las energías renovables.

# CONTENIDO

	PAG.
NOTACIÓN Y/O ACRÓNIMOS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABLAS.....	iii
RESUMEN.....	iv

## CAPÍTULO I

Introducción.....	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Objetivo general y específico.....	1
1.3 Caracterización del área en que participó.....	1
1.4 Problemas a resolver con su respectiva priorización.....	2
1.5 Alcances y limitaciones.....	2
1.6 Estructura del reporte.....	3

## CAPÍTULO II

Descripción del parque eólico denominado Oaxaca III la venta-Oaxaca.	
2.1 Objetivo del documento.....	4
2.2 Parque eólico Oaxaca III y su central eléctrica.....	4
2.3 Tendido de cables de media tensión y otras canalizaciones.....	6
2.3.1 Introducción.....	6
2.4 Inspecciones de la zanjas.....	6
2.4.1 Tipo de zanjas, distancia de cables y esquemas.....	6
2.5 Material necesario para el tendido y uniformidad de los ayudantes...	10
2.5.1 Tendido de cobre para la red de tierra.....	10
2.5.2 Tendido de cable de media tensión.....	11
2.5.3 Tendido de tritubo.....	13
2.5.4 Colocación de los cables y revisión de las zanjas.....	14
2.6 Tapado de los cables.....	15

## CAPÍTULO III

Protocolo de pruebas y medida de cables de media tensión	
3. Documentación aplicable.....	19
3.1 Medida de resistencia de aislamiento.....	19
3.1.2 Comprobación de continuidad y medida de resistencia interna del conductor.....	21
3.1.3 Estructura de la instalación.....	22
3.2 Descripción técnica de la instalación.....	23
3.2.1 Normas aplicables.....	23
3.2.2 Descripción de la instalación.....	24
3.2.3 Centro de transformación 350 kVA 12/0,4/0,690 Kv.....	24

3.2.4 Celdas de alcance y protección.....	25
3.2.5 Interconexión de M.T_ 12 Kv.....	27
3.2.6. Centro de transformación tipo pedestal 1.700 kva.-12/34.5 Kv	28
3.2.6.1 Características Constructivas.....	28
3.2.6.2 Características Eléctricas.....	30
3.3 Líneas de 34.5 Kv de la red del parque.....	31
3.4 Botellas Terminales.....	33
3.5 Enlace de telecontrol.....	34
3.6 Red General de Tierra.....	34
3.6.1 Red de puesta a Tierra.....	35
3.6.2 Red de puesta a tierra del Transformador tipo pedestal.....	38
3.6.3 Zanjas.....	38
3.6.4 Conductores entubados.....	39
3.6.5 cruzamiento y paralelismos.....	40
3.7 Aerogenerador AW 1500.....	42
3.7.1 Botellas terminales generales.....	42
3.7.2 Instalación de acometida del Aerogenerador transformador tipo pedestal	42
3.7.3 Instalación.....	43
3.7.4 Instalación de acometidas de los circuitos interiores del parque.....	43
3.7.5 Botellas terminales.....	44
3.7.6 Protección térmica del transformador.....	44
3.7.6.1 Red de tierra.....	45
3.7.7 Señalizaciones.....	45
3.7.8 Tareas, gestiones, pequeño material auxiliar y diferencias en mediciones.....	46

## **Capítulo IV**

### Líneas interiores de M.T del parque terminación y condiciones

4.1 Interconexión en 34.5 kv.....	47
4.2 Líneas interiores del parque.....	47
4.2.1 Interconexión en 12 kv C.T- aerogenerador.....	49
4.2.2 Enlaces de telecontrol.....	49
4.2.3 Red general de tierras.....	50
4.3 Zanjas.....	50
4.4 Puesta en servicio o energización.....	51
4.5 Documentación.....	51
4.6 Puesta en marcha de las instalaciones.....	52
4.7 Equipos y materiales.....	53

4.7.1 Centro de acopio y/o almacén.....	54
4.7.2 Transporte de obra.....	54
4.7.3 Recepción de materiales.....	54
4.7.4 Herramientas e Instalaciones.....	55
4.8 Tendido de cables y zanja.....	56

## NOTACIÓN Y/O ACRÓNIMOS

<b>B.T</b>	<b>BAJA TENSIÓN</b>
<b>M.T</b>	MEDIA TENSIÓN
<b>A.T</b>	ALTA TENSIÓN
<b>KV</b>	KILO VOLTS
<b>mm<sup>2</sup></b>	MILÍMETRO CUADRADO
<b>ST</b>	SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
<b>KVA</b>	KILO VOLTS AMPERS
<b>KA</b>	KILO AMPERS
<b>TA</b>	TRABAJO POR ADMINISTRACIÓN
<b>EHS</b>	HIGIENE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE
<b>ANSI</b>	AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE.
<b>IEEE</b>	INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELELCTRONIC ENGINEERS.
<b>XLPE-RA</b>	POLIETILENO DE CADENA CRUZADA RETARDANTE A LAS ARBORESCENCIAS.
<b>KCM</b>	KILO CIRCULAR MIL.
<b>AWG</b>	CALIBRE DEL CONDUCTOR AMERICANO.
<b>Ra</b>	<b>RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN M*.km</b>
<b>Rm</b>	RESISTENCIA MEDIDA EN EL ENSAYO EN M*
<b>L</b>	LONGITUD DEL CABLE, EN M.
<b>Ω</b>	HOMS
<b>Δ</b>	DELTA
<b>Y</b>	ESTRELLA

**HZ**

Hertz

## LISTA DE FIGURAS

		<b>PAG.</b>
<b>Figura 1</b>	PLANO DE ALINEACIONES QUE CONSTA EL PROYECTO OAXACA III.....	5
<b>Figura 2</b>	TENDIDO DE UN CIRCUITO .....	7
<b>Figura 3</b>	ZANJA TIPO II.....	8
<b>Figura 4</b>	ZANJA TIPO III.....	9
<b>Figura 5</b>	TENDIDO DE C.U.....	10
<b>Figura 6</b>	TENDIDO M.T.....	11
<b>Figura 7</b>	ASPECTO DE LA TERNA.....	12
<b>Figura 8</b>	TENDIDO DE TRITUBO.....	13
<b>Figura 9</b>	UBICACIÓN DE EMPALME	15
<b>Figura 10</b>	ELABORACIÓN DE EMPALMES.....	15
<b>Figura 11</b>	TAPADO CON PRIMERA CAMA DE ARENA.....	16
<b>Figura 12</b>	TAPADO CON SEGUNDA CAMA DE ARENA.....	17
<b>Figura 13</b>	PLACA DE POLIETILENO.....	17
<b>Figura 14</b>	COLOCACIÓN DE CINTA DE SEÑALIZACIÓN.....	18
<b>Figura 15</b>	CABLE DE POLIETILENO RETICULADO.....	19
<b>Figura 16</b>	MONTAJE DE TR.....	28
<b>Figura 17</b>	ELABORACIÓN DE TERMINALES	32
<b>Figura 18</b>	ELABORACIÓN DE TERMINALES TERMOCONTRACTIL.....	32
<b>Figura 19</b>	TERMINALES EN CELDAS DE SUBESTACIÓN.....	32
<b>Figura 20</b>	AISLADO DE AGENTES EXTERNOS.....	33
<b>Figura 21</b>	CONEXIONADO DEL TRANSFORMADOR.....	33
<b>Figura 22</b>	TENDIDO DEL SISTEMA DE TIERRA.....	35
<b>Figura 23</b>	EMPALME DEL SISTEMA DE TIERRA.....	35
<b>Figura 24</b>	ATERRIZAMIENTO DEL AEROGENERADOR.....	36
<b>Figura 25</b>	ANILLOS DE SISTEMA DE TIERRA.....	37
<b>Figura 26</b>	CANALIZACIÓN DE AEROGENERADOR A AEROGENERADOR.....	39
<b>Figura 27</b>	CRUZAMIENTO DE RIO.....	42
<b>Figura 28</b>	SEÑALIZACIÓN DE FASES.....	44
<b>Figura 29</b>	DISPARO TUBO PARA INTRODUCCIÓN DE CABLES...	48
<b>Figura 30</b>	ENLACE MEDIANTE SOLDADURA.....	50
<b>Figura 31</b>	SISTEMA DE MEDICIÓN DE TIERRA.....	55

## LISTA DE TABLAS

		PAG.
<b>TABLA 1</b>	<b>TABLA DE MEDICIÓN DE TIERRA.....</b>	<b>21</b>
<b>TABLA 2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.....</b>	<b>30</b>

## RESUMEN

La COMPAÑÍA MEXICANA EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL S.A DE C.V. (COMEXA INGENIEROS) es la única responsable de la entrega de energía que pasa por el centro de transformación (Pad Mounted), conectada por medio de terminales tipo codo o “T” para después ser interconectadas en todos los aerogeneradores a través de la red eléctrica de MT, formando así el cableado subterráneo de media tensión a 35 kv en todos los circuitos y evacuación a SE del parque eólico Oaxaca III.

Este trabajo consta de conocimientos generales ya que está basado en normas específicas y sobre todo en planes de trabajo en la cual permitirá al lector adquirir un conocimiento mucho más amplio y a la vez lograr el entendimiento sobre la red eléctrica subterránea de media tensión en 35 kv para la conexión de los aerogeneradores en el parque eólico Oaxaca III.

Durante los trabajos se ejecutaron el tendido de cables de MT de diferentes calibres 4/0 AWG, 300 KCM, 500 KCM y 800 KCM, también se hicieron terminales de MT, empalmes, tendido del sistema de tierra, FO, y pruebas a toda la red como sistema de comunicación, sin embargo hacemos referencia a la red de media tensión ya que también se montaron transformadores tipo pedestal para después ponerlo en marcha.

Para la ejecución del tendido de cables fue necesario interactuar con la obra civil ya que se requería en el proyecto zanjas con diferentes especificaciones, cama de arena fina, relleno con producto de excavación y compactado final. Fue necesario también marcar las coordenadas donde se encuentran reposados los empalmes eléctricos y de FO.

Una vez realiza las pruebas eléctricas y pasadas, estas son registradas y basadas en un control de calidad otorgando dicho Dossier al cliente para su entrega final del proyecto.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Justificación.

La importancia de esta investigación es fundamental ya que existe poca información respecto a canalizaciones, tendido de cables, agrupamientos y adecuación para conductores subterráneos en una tensión de 34500 Volts. La red de media tensión es interconectada entre aerogeneradores para después ser evacuada hacia una subestación principal por medio de circuitos colectores conectados a una celda de media tensión el cual contiene un interruptor principal en el lado primario del transformador principal.

### 1.2 Objetivo general y específico.

Objetivo general: Describir como a través de la interconexión de los aerogeneradores es recolectada la energía eléctrica generada de los mismos por medio de la energía cinética y a su vez transmitida a la subestación principal que eleva el voltaje a una determinada tensión.

Objetivo específico: Realizar el tendido y conexionado de los cables de MT donde se desarrolló múltiples actividades como de obra civil, electromecánica y eléctrica.

### 1.3 Caracterización del área en que participó

Datos de la Empresa: COMPAÑÍA MEXICANA EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL S.A. DE C.V. “COMEXA INGENIEROS”

Lugar donde se realizará el proyecto: Parque Eólico Oaxaca III, ubicado en la venta Juchitán Oaxaca (México), descrito en el área de la construcción del proyecto.

Comexa ingenieros se dedica a desarrollar ingeniería básica y de detalle relacionado con sistemas eléctricos, sistemas de instrumentación y automatización industrial.

Instalación y mantenimiento preventivo/correctivo a Cuarto de control de motores, tableros eléctricos, motores eléctricos, alumbrado, distribución eléctrica, redes de datos y subestaciones de baja y media tensión.

Comisionado y arranque de plantas petroquímicas y puesta en servicio de otras unidades que estén relacionadas con sistemas instrumentados, Procura, integración, construcción, instalación, pruebas y puesta en operación de:

- Sistemas de control eléctrico

- Sistemas de instrumentación (basados en PLC`s)
- Integración de sistemas de control
- Sistemas de automatización en seguridad
- Canalización y ductos eléctricos
- Redes de tierra físicas
- Sistemas de pararrayos
- Unidades de refrigeración

Mantenimiento de sistemas eléctricos y de control preventivo/correctivo, adición de nuevas señales, desplegados gráficos, instrumentos y diagnósticos dentro de la configuración de sus sistemas eléctricos y de control.

#### **1.4 Problemas a resolver con su respectiva priorización**

Uno de los mayores problemas para la ejecución del proyecto se debe a el conflicto social que existe en el ejido, en particular por parte de los ejidatarios ya que estos de cierta manera resultan afectados en su patrimonio al contar con afectaciones en sus terrenos, lo cual les causa molestia y llegan a parar las labores del día teniendo como consecuencia el incumplimiento del proyecto en tiempo y forma.

A la vez estos aprovechan sobre el nivel socioeconómico y prestigio que posee la empresa y así ellos obtengan un beneficio propio.

#### **1.5 Alcances y Limitaciones**

Los alcances van a depender del tramo o libranza que nos proporcione el cliente como el de no tener ningún obstáculo para poder excavar, tender los cables de potencia, fibra óptica, red de tierra, confeccionar la zanja, realizar los empalmes, terminales y conectarlas.

Aparte de los conflictos sociales podemos añadir las condiciones ambientales, de igual forma dentro de las limitaciones se contemplan el respeto al área que nos proporcionan para realizar el cableado correspondiente.

## **1.6 Estructura del reporte**

En el capítulo 2 se darán cuenta del proceso en tendido de media tensión y otras canalizaciones, nos especifica los tipos de zanjas donde irán alojados los cables de potencia, al igual los procedimientos en que se basan para realizar dicho tendido entre aerogeneradores y evacuación desde el fin de circuito hasta subestación.

El capítulo 3 muestra la estructura del cable de potencia, las características de los transformadores, celdas de enlace, remonte y protección, elaboración de terminales, empalmes, señalizaciones, pruebas eléctricas aplicables, enlaces de telecomunicación, sistemas de tierra y conexiónado de todas sus terminales entre aerogeneradores y subestación al igual que los cruzamientos de canales mojones etc.

El cuarto y último capítulo se dan a conocer la propuesta de resultados que se obtuvo de esta investigación, conclusiones, planos, diagramas y un poco de las conexiones interiores del parque funcional.

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DEL PARQUE EÓLICO DENOMINADO OAXACA III LA VENTA-OAXACA

#### 2.2 Parque eólico Oaxaca III y su central eléctrica. [1]

La subestación eléctrica Oaxaca III, se sitúa al norte y sur del parque eólico ya en operación conocido como “Eurus”, las instalaciones proyectadas se ubican en dos zonas, una al Norte de “Eurus” que consta de 16 aerogeneradores y otra en la parte Sur que constara de 52 aerogeneradores, cabe señalar que esta ultima área ya se encuentra evaluada con anterioridad como parte del proyecto Eólico “Eurus”. El proyecto en conjunto (Parte Norte y Parte Sur) estará constituido por 68 aerogeneradores de 1.5 MW Clase IA, distribuidos en 8 alineaciones identificadas con las letras A,B,C,D,E,F,G Y H, en un polígono de forma irregular de Norte a Sur, los segmentos de este están separados como se muestra en el croquis del proyecto. Al Norte colinda con los aerogeneradores del parque “Eurus” y al Sur con la alineación A y la carretera, es importante señalar que los impactos que se generen por la construcción y operación de este proyecto serán mínimos ya que se encuentra en un área ya perturbada; el impacto con mayor importancia es hacia las rutas migratorias de algunas aves, el cual será minimizado a través de un programa de monitoreo.

Los aerogeneradores están enumerados de Poniente a Oriente comenzando por la alineación A. Cada alineación cuenta con un camino para acceso y mantenimiento a los aerogeneradores correspondientes, este camino se ubicará tangente a la base de cimentación de los aerogeneradores al Norte o al Sur del eje longitudinal de la alineación, según sea factible. La Central Eléctrica Oaxaca III cuenta con dos accesos principales: El primer camino de acceso principal se enlazará con la alineación A que se encuentra ubicada al Nor-poniente del polígono, esta alineación constará de **16** aerogeneradores con su camino denominado “camino para acceso y mantenimiento” a cada aerogenerador, al término de la alineación por el extremo oriente del camino y perpendicularmente al camino antes descrito se conectará a un camino de interconexión denominado “camino de interconexión de alineaciones A, B, D y F”, que se enlazará con la alineación B que constará de **4** aerogeneradores; siguiendo la trayectoria del camino de interconexión de alineaciones A, B, D y F, se conectará perpendicularmente a la alineación D que constará de **14** aerogeneradores y finalmente se enlazará perpendicularmente a la alineación F que constará de **6** aerogeneradores. De esta manera se conectarán las alineaciones A, B, D y F. El segundo acceso principal es por el oriente del polígono que entronca con el camino de interconexión de alineaciones C, E, G y H, que se conectará perpendicularmente al oriente del polígono con la alineación C la cual constará con **4** aerogeneradores. Siguiendo con la trayectoria del camino de interconexión de alineaciones C, E, G y H se conectará perpendicularmente al oriente con la alineación E que constará con **2** aerogeneradores; posteriormente se enlazará con la alineación G que constará de **14** aerogeneradores y finalmente este camino se enlazará con la alineación H que constará de **8** aerogeneradores. De esta manera se conectarán las alineaciones C, E, G y F.

En la siguiente imagen se presenta como está constituido las alineaciones.[1]

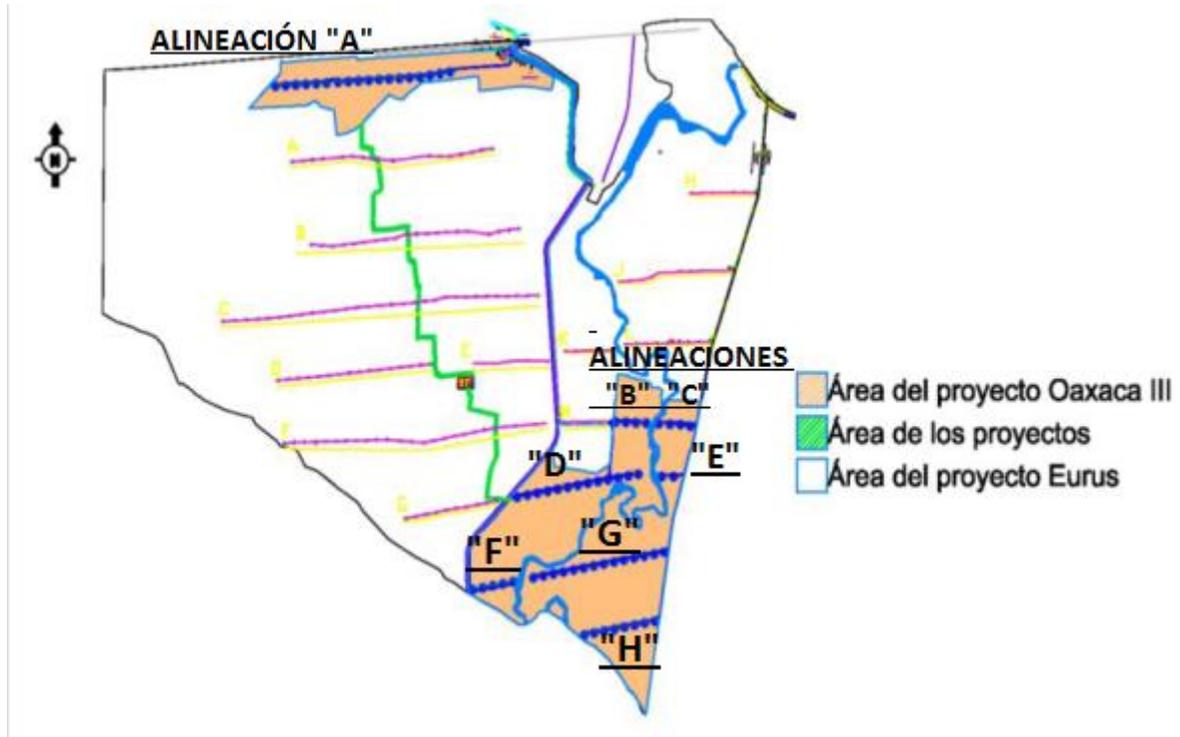


Fig. 1 Plano de alineaciones que consta el proyecto Oaxaca III.

Este esquema muestra todas las alineaciones con su evacuación hacia la subestación principal del proyecto Oaxaca III.

## 2.3 Tendido de cables de media tensión y otras canalizaciones.

### 2.3.1 Introducción.

El estudio que se desarrolla a continuación tiene por objeto definir las características Técnicas de las instalaciones eléctricas del Parque Eólico Oaxaca III con transformadores tipo "Pad – Mounted (tipo pedestal) trifásicos de 1700 kVA, 12kV/34.5kV.[1]

Para interconectar cada centro de transformación con la subestación principal, se instalan líneas de enlace interiores del parque de 35 kV, en instalación enterrada, de tal forma que se conectarán un número determinado de aerogeneradores por circuito.

En el parque se instalan líneas de 35 kV a base de cable, de características definidas XLPE-RA 35 kV, H, 133%, de secciones AWG 4/0, 300 KCM, 500 KCM y 800 KCM.de Aluminio en zanja de acuerdo con los trazos indicados en los planos para cada tramo. [1]

## **2.4 Inspecciones de las zanjas.**

La correcta apertura de las zanjas es supervisada por personal autorizado, por lo que damos por sentado que las medidas de la excavación son las correctas y se ajustan a las especificaciones. Pero una vez realizada la zanja y aportado el contenido de arena fina, sería oportuno realizar una inspección ocular de la misma para cerciorarnos de que no existe ningún tipo de anomalía. Además de no apreciar piedras en la capa del contenido arena, ni otro tipo de elementos que puedan dañar los cables.

### **2.4.1 Tipo de zanja. Distancias de cables y esquemas.**

En una alineación de aerogeneradores podemos encontrarnos con diferentes número de circuitos que van canalizados por la misma zanja, en este punto se describe como debe colocarse los conductores, las distancias entre ellos, otras condiciones que se pueden tender en las zanjas, elementos de seguridad que debemos colocar en la canalización, etc.

De esta manera en una canalización como se observa en las figuras 1, 2, y 3 aparecen diferentes tipos de zanja en función del número de circuitos que van a ser tendidos en ellas.

Se presenta la forma de la zanja tipo 1 que es la más frecuente entre aerogeneradores hasta fin de circuito.

## SECCIÓN TIPO-1

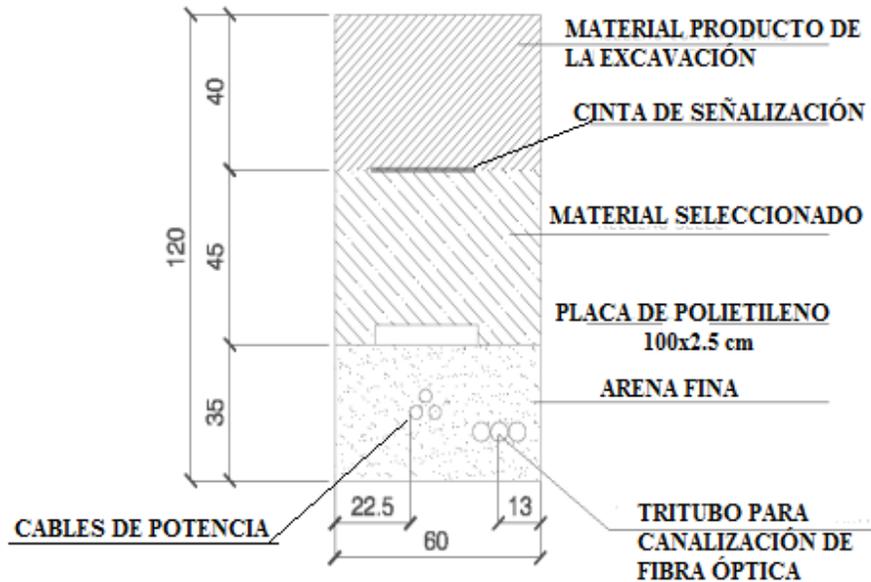


Fig.2 Tendido de un circuito.

En apartados posteriores, se describe como se debe de realizar la colocación de los materiales de seguridad y el tapado de la zanja. En este punto se nota gráficamente como se debe colocar los cables, el embridado de las tres fases formando un triángulo y el espacio necesario de separación entre el mazo de los cables y la pared lateral de la zanja. [1]

Puntos importantes:

- ✚ Distancia a paredes laterales de la zanja.
- ✚ Embridado continuo manteniendo la estructura triangular.

**NOTA:** ver dimensiones en figura 2

## Tendido de dos circuitos [1]

En una zanja preparada para albergar a dos circuitos sirve todo lo descrito anterior mente salvo que se debe tener en cuenta la distancia entre ternas. [1]

Puntos importantes:

- ✚ Distancia entre ternas.

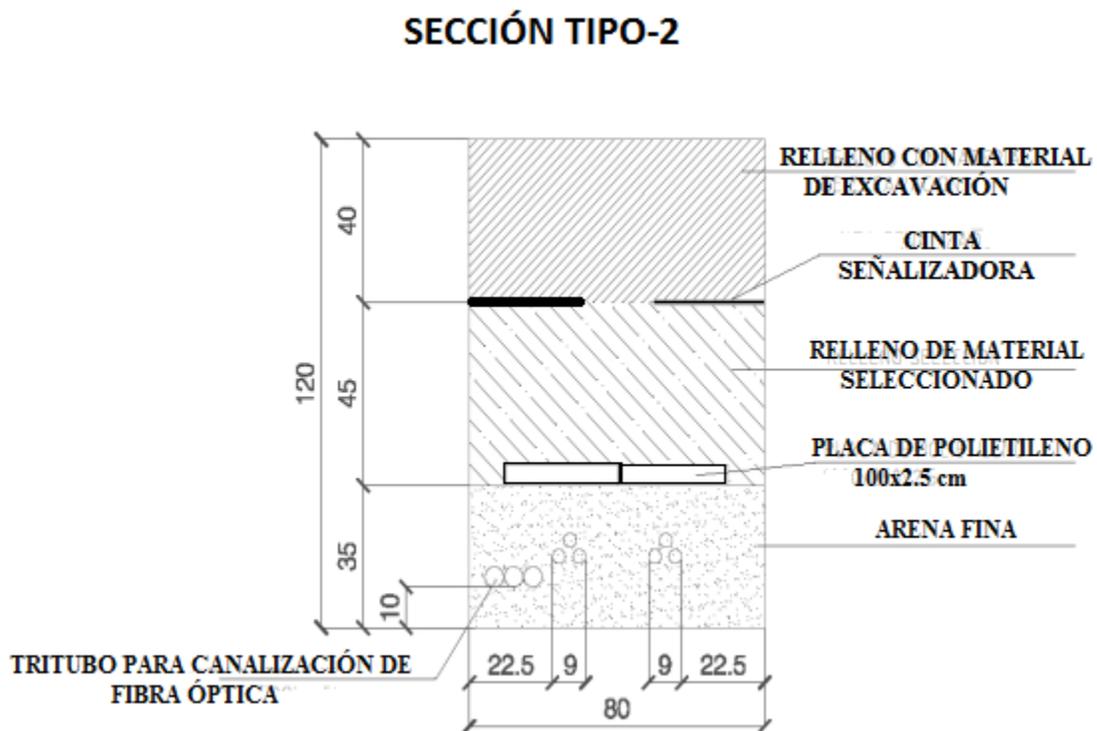


Fig. 3 Zanja tipo II

Esta es la forma en que se presenta la zanja tipo dos como lo muestra el plano de detalles.

NOTA: ver dimensiones en figura 3.

A continuación se aprecia en la fig. 4 la sección tipo 3 la cual es el último apartado para el reposo de 3 circuitos.

TENDIDO DE TRES O MÁS CIRCUITOS [1].

### SECCIÓN TIPO-3

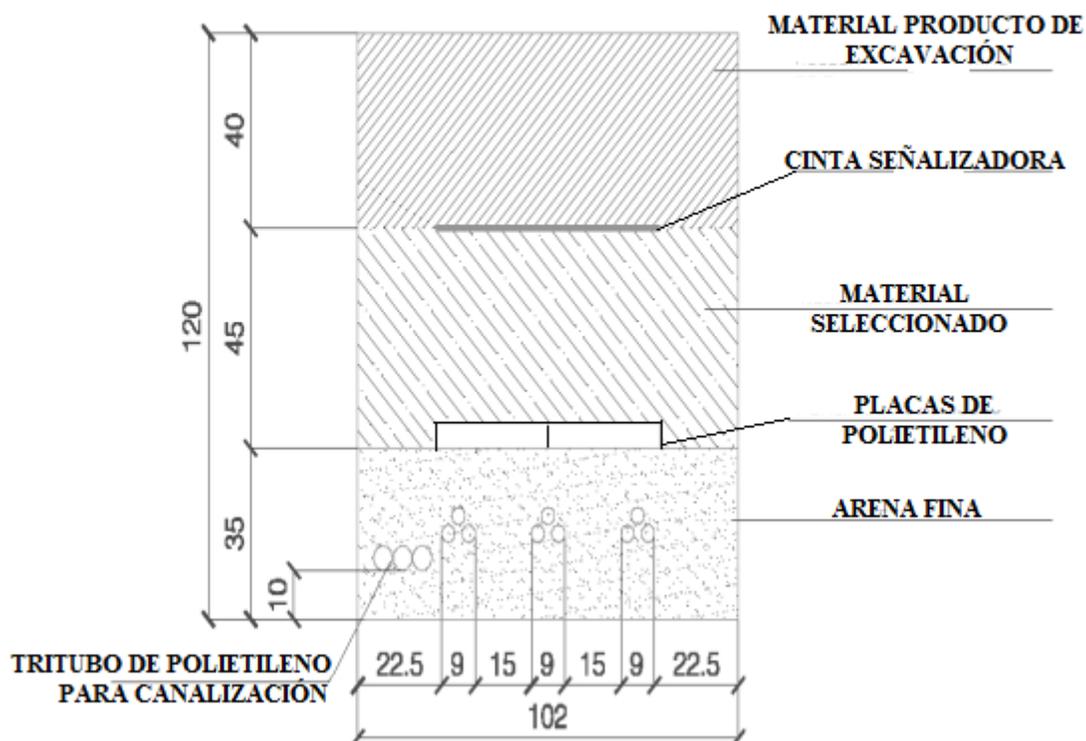


Fig.4 Zanja tipo III

NOTA: Ver dimensiones en figura 4.

Para zanjas con mayor número de circuitos de cables de M.T. las dimensiones en cuanto a profundidad no difieren en nada con las anteriores, pero la anchura de las mismas se incrementara por circuito que añadamos a la zanja. [1], [10]

Colocamos una banda de aviso de cables de Media tensión por cada circuito, así como una rasilla de protección de los mismos. La colocación la describiremos con todo detalle en el apartado de TAPADO DE ZANJA de este contenido. (fig.1 ,2 ,3), [8], [9].

En una canalización puede aparecer otro tipo de conducciones como el tri-tubo donde se alojara la fibra óptica, cables de potencia, tuberías, Red de tierras, etc. Con estas canalizaciones debemos respetar unas medidas de seguridad. En cualquiera de las figuras

anteriores puede verse el tri-tubo para la instalación de la fibra óptica guardando en todo momento una distancia de seguridad.

## 2.5 Material necesario para el tendido y uniformidad de los ayudantes [1]

Para el tendido de los cables de M.T y del resto de canalizaciones en las zonas donde el tendido de los cables tiene un acceso más o menos cómodo, se realizará con un camión. El material empleado será:

- Un camión para desplazar el equipo. Este debe llevar pluma extensible que sirva para el montaje y desmontaje de bobinas y porta carrete.
- Dos gatos hidráulicos con freno o en su caso personal alta mente capacitado con su curso de inducción EHS. para controlar la bobina de tendido.
- Conductor del vehículo.
- Un porta carrete.

### 2.5.1 Tendido de cobre para la red de tierra. [10]

Para la red general de tierras de la instalación se coloca un cable de cobre desnudo de 52  $mm^2$  calibre 1/0 (obtenido a si por medio de tablas de conductores desnudos), en el fondo de excavación de la zanja y previo a la primera cama de arena.



**Fig.5 Tendido de C.U**

El tendido se hará después de haber comprobado que las dimensiones de la zanja se han realizados según el plano y con el consentimiento de esas dimensiones con el encargado del proyecto.

En la imagen puede verse el tendido de cobre podría ser con tres ayudantes. Uno arriba del camión y guiando la bobina, y otras dos personas para la instalación del cable de cobre desnudo en el fondo de excavación.

### 2.5.2 Tendido de cable de media tensión (M.T). [1]

La bobina de cable se coloca en el porta carrete que está en la plataforma de de la grúa TITÁN o camión HIAB, provistos con un freno que permita controlar el giro de la bobina de cable, cuyo son manuales por parte de los ayudantes ya que no lleva un giro muy avanzado, como se muestra en la figura 6.



- 1.- Bobina o carrete.
- 2.- Ay. (s). para el control de giro.
- 3.- Porta carrete.
- 4.- Grúa titán.
- 5.- Ay. embridado
- 6.- Cable de potencia, xlpe-ra

**Fig.6 Tendido de cable de M.T**

- En esta técnica empleada se colocan dos ayudantes generales para el control de la bobina.
- Dos más irán caminando por la zanja recibiendo el cable de potencia
- El otro lo ira tumbando sin que se arrastre para evitar daño en la cubierta del mismo, acotando a sí que asiente bien en la cama de arena y asegurándose que las distancias entre conductores sean las idóneas. A la vez se visualizara el conductor a poyándose con el tacto realizado a si la primera inspección de posibles anomalías en el cable.

-El otro ayudante se encarga de embridar los cables con la finalidad de que queden en formas de ternas, se hace mención de que este caso es cuando se esté tendiendo la última fase.

Se recalca la mención de esta operación ya que debe realizarse con delicadeza debido a que los conductores puedan sufrir daños que puedan dar problemas en el momento de realizar la puesta en marcha de la instalación. [2]

A continuación en esta imagen se presenta el aspecto final de la terna.



**Fig.7 Aspecto de la terna.**

En una fase final con los tres cables de una terna tendidos, debe comenzar el embridado formando un triángulo equilátero, poniendo especial interés en la zona de zanja que describa una curva ya que el embridado aquí no es tan fácil que mantenga la misma estructura que en la zonas rectas de la zanja.

### 2.5.3 Tendido del tritubo [1]

El tritubo se instala como canalización de la fibra óptica, y dicho tendido es por nuestra parte, la misma empresa que realiza la instalación eléctrica del parque, el tendido se puede realizar de diferentes maneras una de ellas es como se muestra en la sig. Imagen.



**Fig.8 Tendido del tritubo.**

Esta imagen muestra el tendido de ello, existen varias formas de realizar el tendido del rollo de tritubo ya que es laborioso poder desenrollarlo y a su vez obtener la medida necesaria.

Lo más importante de la instalación del tritubo es que se realice con un criterio que tenga vista al posterior tendido de la fibra óptica. La fibra óptica es un elemento de comunicación de datos muy delicado con un límite de tracción durante su instalación que depende del fabricante pero que ronda los 1500 Newton. [1]

Por tanto la entrada y salida en el tritubo no debe superar una distancia de 300m en línea recta, con sumo cuidado en las curvas y zig-zag de las zanjas donde independientemente de la medición de tritubo, se facilitará mediante empalmes de tritubo el paso de la fibra. Queda a criterio de la Dirección de obra de la elección de registros o empalmes en el tritubo se hace mención de que dichos manguitos pueden ser los famosos coplees con su respectivo pegamento.

Condiciones ambientales. [1]

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0°C no podemos realizar el tendido. Si la bobina de cable ha estado almacenada a temperatura inferior a 0°C deberemos llevarla a un lugar atemperado y tenerla el tiempo necesario para que alcance una temperatura adecuada de tendido.

Uniformidad de los operarios o ayudantes.

Los operarios que intervienen en el tendido, tanto la persona subida en el camión como los dos ayudantes que caminan por la zanja son provistos a una inducción necesaria para realizar esta tarea y que cumpla el plan de seguridad de dicha obra. Siempre se deberá consultar el equipo de preparación o inducción, que exige el plan de seguridad de cada obra pero por norma general, guantes, casco y botas de seguridad serán imprescindibles para estos trabajos.

#### **2.5.4 Colocación de los cables y revisión de distancias**

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, un ayudante va embridando y colocando las ternas para dejar las distancias adecuadas entre ellas como hemos visto en los esquemas de las zanjas del plano de detalles. Es muy importante guardar las distancias adecuadas entre las ternas y otras canalizaciones.

Cuando la distancia de tendido sea superior a 1 km deberemos entrelazar la terna para poder compensar posible efectos inductivos cuando la instalación esté puesta en marcha.

Las Fases de cada circuito deben identificarse, para ello en todos los cables deberá instalarse en sus extremos una cinta aislante de colores **Amarillo, Verde, Rojo** o bien escribiendo con tinta de aceite las fases y circuito si lo requiere. [1]

Es muy importante para toda la instalación la protección de las puntas de un conductor. Cada vez que cortemos un cable, bien sea en un aerogenerador o en ST a la espera de la ejecución de botellas, o en un final de bobina para la futura ejecución de un empalme, deberemos proteger con fundas elásticas o con termoretráctil para evitar la entrada de humedades que puedan dañar el conductor y la pantalla metálica.

Cuando las distancias de tendido sean muy grandes y excedan a la longitud de cable disponible, en la bobina dejaremos cable suficiente (una coca), para poder realizar el empalme con la siguiente bobina (este punto queda reflejado en plano debidamente documentado en nuestro registro de calidad “control de empalmes”. Se procura que los tres cables que componen la terna tengan el empalme en la misma zona pero no juntos de forma escalonada. El empalme quedará documentado con coordenadas UTM.

Se presenta la siguiente forma de empalmes en la misma zona pero separados. [1]

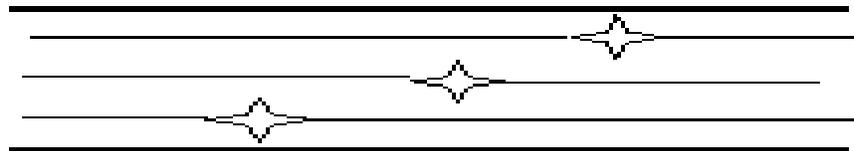


Fig.9 Ubicación de empalmes.

En los extremos de la zanja bien sea entre aerogeneradores o entre subestación y aerogenerador, siempre dejaremos una distancia de cable superior a la necesaria para poder trabajar con comodidad en el momento de manipular los conductores, además de poder disponer del conductor cuando sea necesario (averías, modificaciones de trazado, etc.), esta distancia que se da por encima, es de 8 mtrs. (Ver imagen 9).



Fig.10 Empalme contráctil en frío.

Esta es la imagen de un empalme contráctil en frío para la continuación de la fase correspondiente.

Previo a aportar la primera cama de arena donde realiza el tendido de los cables de M.T., colocaremos la Red general de tierras. Sobre este lecho de arena y junto los circuitos de M.T se instala el tubo de la fibra óptica y otras canalizaciones. [10], [1]

## 2.6 Tapado de los cables.

Una vez realizado el tendido se procede a realizar el tapado de los conductores. Esta operación se debe realizar rápidamente con el fin de no tener en intemperie el cable. Como vimos en el croquis de los tipos de zanja, el tapado contempla las siguientes fases:

- El tapado de los conductores se realizará con arena.

- Después se depositan con cuidado las rasillas o placas que adviertan que hemos llegado a una conducción.
- Posteriormente se procede al llenado de la zanja con el material seleccionado.
- Cuando lleguemos a media altura colocaremos una banda de plástico indicando que hay una conducción eléctrica de M.T.
- Para finalizar completaremos el tapado con el resto de material extraído.
- La operación final será la recuperación del entorno o vágase la compactación.

Aunque estas tareas sean competencia de los trabajos de obra civil, a continuación se observa en las imágenes los procesos del tapado de la zanja con supervisión en cada momento para no exceder la conformación.



**Fig.11 Tapado con primera cama de arena para el sistema de tierra.**



**Fig.12 Tapado con la segunda cama de arena sobre conductores.**



**Fig.13 Placa de polietileno de 1m X 25 cm. [8]**

En la siguiente fotografía se muestra, el material seleccionado sobre las placas, la cinta de señalización, y el material de excavación como proceso final del tapado de zanja. [8], [9]



**Fig.14 Colocación de cinta de señalización sobre el material seleccionado.**

El criterio de aceptación y rechazo de estos procesos podría establecerse en función de las caídas máximas de tensión establecidas en proyecto y en el radio de ohm/km. Obtenido los ensayos se habrán de realizar en el siguiente orden:

- 1) Comprobación de continuidad y orden de fases.
- 2) Resistencia de aislamiento del conductor.
- 3) Resistencia interna del conductor (en aquellos vanos donde haya empalmes)

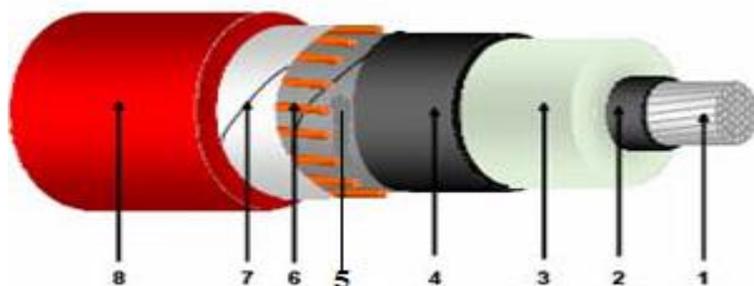
Si alguno de los ensayos resultase desfavorable se paralizarían el resto hasta su reparación.

## CAPÍTULO III

### PROTOCOLO DE PRUEBAS Y MEDIDAS DE CABLES DE MEDIA TENSIÓN.

#### 3. Documentación aplicable. [1]

- UNE 21-123: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para Tensiones nominales de 1 kV a 30 kV.
- UNE 21 190: Ensayos para cables de potencia con aislamiento extruido, para tensiones asignadas superiores a 30 kV ( $U_m = 36$  kV) y hasta 150 kV ( $U_m = 170$  kV)



**Fig.15 Cable de polietileno reticulado o cadena cruzada.  
(XLPE-RA)**

- 1.- Conductor C.u o Al.
- 2.- Semiconductora interna.
- 3.- Aislamiento polietileno reticulado retardante a las arborescencias.
- 4.- Semiconductora externa.
- 5.- Elemento bloqueador.
- 6.- Pantalla Metálica o malla de tierra.
- 7.- Elemento bloqueador.
- 8.- Cubierta exterior. (PVC)

#### 3.1. Medida de resistencia de aislamiento.

Se comprueba la medida de aislamiento del cable utilizando con un Medidor de resistencia de aislamiento, colocando una pinza en el conductor y otra en la malla, inyectamos una tensión de 5000V entre la malla y el conductor. Las medidas serán correctas si las medidas de resistencias están en rangos de los mega homs,

La resistencia de aislamiento depende de:

- Las dimensiones del cable (sección, espesor del aislamiento y longitud del cable).
- La clase o composición del aislamiento.
- La humedad del aislamiento.

Debe tenerse en cuenta que los valores de la resistencia del aislamiento de empalmes y terminales, influyen en los resultados de los ensayos correspondientes, por ejemplo, la superficie húmeda de un terminal puede conducir a falsas conclusiones.

**Condiciones de ensayo:** Con la ayuda de un megóhmetro (medidor de altas resistencias), con diferentes rangos de escalas, se aplica una tensión continua de 5000 V, durante un tiempo suficiente (entre 1 y 2 min.), para que se obtenga una lectura estable. [1],[2],[3].

La medición de la resistencia del aislamiento se efectuará entre el conductor y pantalla o tierra.

Los elementos de la instalación, ajenos al cable (interruptores, seccionadores, etc), deben permanecer desconectados con el fin de no falsear los resultados de los ensayos.

**Cálculos:** La resistencia de aislamiento se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$R_a = R_m \cdot L / 1000 \quad (3.1)$$

R<sub>a</sub> = resistencia de aislamiento en M\*. Km.

R<sub>m</sub> = resistencia medida en el ensayo en M\*[constante de resistividad del material (en el cobre es 1/56, y en el aluminio es 1/33 por ejemplo)]

L = longitud del cable, en mts.

**NOTA.-** Los valores así calculados, serán menores que los obtenidos en los ensayos realizados en fábrica, esto es lógico teniendo en cuenta que estamos ensayando un cable ya instalado, con sus terminales, empalmes y sin guardas.

Los valores obtenidos no deben ser inferiores a los indicados en la tabla siguiente:

Tabla N° 1 tabla de medición de tierra. [3], [10]

Tensión nominal Uo/U Kv	Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistencia de aislamiento MΩ. Km
0,6/1	<25	30
	< 95	20
	> 95	15
12/20	< 70	500
	> 70	250
≥18/30	Todas las secciones	500

**NOTA:** Si en campo los valores son del orden de giga ohm o se van a fondo de escala Certificando que la medida de aislamiento es correcta.

### 3.1.2 Comprobación de continuidad y medida de resistencia interna del Conductor. [1]

Para identificar las fases (lo que llamamos “timbrado”), se pone en un extremo del cable una fase a tierra y en el otro extremo se conecta el megóhmetro en opción de continuidad, al acercar la pica en un extremo que permita el cierre del circuito verificándose con un pitido corresponderá a la misma fase en ambos extremos.

Se comprueba la resistencia interna del conductor utilizando un micrómetro (medidor de bajas resistencias) y será válido en aquellos vanos donde haya realizado empalmes en los cables.

Con este ensayo comprobamos que la resistencia en los tres cables de una terna es similar y que no existen problemas internos de continuidad.

Esta prueba se basa en la ley de Thompson:

- a) Se puentea fase 1 y fase 2 en el final de los cables y en el origen obtenemos un valor de resistencia que equivale a R1+R2.

- b) Se puentea fase 1 y fase 3 en el final de los cables y en el origen obtenemos un valor de resistencia que equivale a R1+R3.

- c) Se puentea fase 2 y fase 3 en el final de los cables y en el origen obtenemos un valor de resistencia que equivale a R2+R3.

De esta forma tenemos tres ecuaciones con tres incógnitas de las que podemos deducir los valores independientes de R1, R2, R3. Estos deben ser de un valor bajo y similar en las tres fases.

Posteriormente se realiza el criterio de aceptación y rechazo esto se establece en función de las caídas máximas de tensión establecidas en el contenido en el radio de Ω/Km. obtenido

Los ensayos se habrán de realizar en el siguiente orden:

- 1) Comprobación de continuidad y orden de fases.
- 2) Resistencia de aislamiento del conductor.
- 3) Resistencia interna del conductor (en aquellos vanos donde haya empalmes).

Si alguno de los ensayos resultase desfavorable se paralizarían el resto hasta su reparación.

### 3.1.3- estructura de la instalación.

El parque eólico lo componen los aerogeneradores, AW 70/1500 con las siguientes Características:

#### **AW 70/1500**

Estos generadores son de 1.500 Kw de potencia, con una tensión de generación de 12 kVA una frecuencia 60 Hz. La energía generada es transferida por la red de transporte interior del parque a una tensión de 34,5 kV y entregada a la subestación principal, que la elevará a la tensión de la red de la compañía compradora de la energía. [1] [2]

Para la entrega de la energía a la red interior del parque, se instalan centros de Transformación individuales tipo “pad – mounted”(tipo pedestal) trifásico 1.700 kVA, 12/34,5 kV, ya que en cada unidad aerogeneradora la tensión de salida es de 12 000 V y las redes interiores del parque son a 34 500 V.

Los aerogeneradores disponen de centros de transformación para servicios auxiliares en el interior de la torre soporte del aerogenerador, situándose en la parte inferior, un transformador de 350 kVA – 12/0,4/0,69 kV en el caso mayor, una celda compacta de SF6 con el elemento de protección, medida, contactor y protección sobretensiones mediante auto válvulas.

El Transformador es instalado sobre una plataforma elevada, a una altura de 5 m y sobre el nivel del Suelo de la celda.

La energía generada por la unidad del rotor es entregada al cuadro de baja (Ground Controller), situado en la base de la torre, enfrentado con la celda.

La interconexión entre el centro de transformación anteriormente descrito con la unidad aerogeneradora, fue elaborado mediante cables de M.T. para el estator y cables de B.T. para el rotor y conexionando la salida de baja del Ground Controller con las bornas de baja del transformador de potencia. [1], [2], [3].

La energía generada es recogida en la base del aerogenerador y mediante una interconexión en M.T. es evacuada a un centro de transformación tipo Pedestal. El transformador que eleva la tensión de generación de 12 kV a 34.5 kV tiene una potencia de 1.700 kVA.

La entrega de la energía eléctrica se realizó por la red de transporte interior del parque a una tensión de 34.5 kV y entregada a la subestación de parque, que la elevará a la tensión de la red.

En la instalación la interconexión a la red interior del parque de 34.5 kV, así como su puesta en servicio.

La red interior del parque, para interconexión de cada uno de los transformadores tipo pedestal con la subestación, se elaboró por medio de líneas subterráneas, a base de cables de aislamiento de polietileno de cadena cruzada o reticulado, (XLPE), para una tensión nominal de 34,5 kV, con denominación XLPE-RA35 kV.

### **3.2.- Descripción técnica de la instalación**

#### **3.2.1.- Normativa aplicable [1].**

Para el correcto desarrollo y realización de la instalación se consideró y se vio obligado al cumplimiento de las siguientes normativas:

American National Standards Institute (**ANSI**) and Institute of Electronic and Electrical Engineers (**IEEE**):

- **386:** Standard for Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Above 600V
- **592:** Standard for Exposed Semiconducting Shields on High-Voltage Cable Joints and Separable Insulated Connectors.
- **IEEE C57.12.00:** Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers (2000)
- **ANSI C57.12.10:** - Requirements for Transformers 230000 Volts and Below; 833/958 Through 8333/10417 kVA, Single-Phase, and 750/862 Through 60000/80000/100000 kVA, Three-Phase (includes supplement ANSI C57.10.10a).
- **ANSI C57.12.22:** Transformers - Pad-Mounted, Compartmental-Type, Self-Cooled Three-Phase Distribution Transformer with High-Voltage Bushings, 2500 kVA and Smaller: High Voltage, 34 500 Grd Y/19 920 Volts and Below; Low Voltage, 480 Volts and Below (1993)
- **ANSI C57.12.26:** Standard for Transformers - Pad-Mounted, Compartmental-Type, Self-Cooled, Three-Phase Distribution Transformers for Use with Separable Insulated High-Voltage Connectors, High-Voltage, High Voltage, 34,500 Grd Y/19,920 Volts and Below
- **IEEE C57.12.28:** IEEE Standard for Pad-Mounted Equipment-Enclosure Integrity (2005)
  
- **IEEE C57.12.70:** Standard Terminal Markings and Connections for Distribution and Power Transformers (2000)
- **IEEE C57.12.80:** Standard Terminology for Power and Distribution Transformers (2002)

- **IEEE C57.12.90:** Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers (1999)
- **IEEE C57.91:** IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers (1995)
- Normativa específica de la CFE.

Independientemente de las fechas que figuran junto a las Normas, Pliego de Instrucciones y reglamentos del listado anterior, serán siempre de aplicación las actualizaciones de las mismas de fecha más reciente.

### 3.2.2.- Descripción de la instalación [1].

Para determinar el alcance y condiciones técnicas del suministro, se efectuaron los diferentes elementos que componen la instalación de los siguientes aerogeneradores:

- Aerogeneradores AW 1500
- Centros de transformación tipo pedestal 12/34.5 kV.
- Redes interiores de 34,5 kV.
- Red de tierra.
- Sistema de comunicaciones.

### 3.2.3.- Centro de Transformación 350 kVA 12/0,4/0,690 kV

Para realizar la entrega de energía a la red interior del parque, se instalo una celda el interior del aerogenerador para poder maniobrar cada una de las maquinas y conectarlas a la red interior del parque, en lo que a instalación se refiere este C.T. estuvo compuesto de los elementos siguientes:

- 1 Juego de conectores enchufables de MT entrada/salida para la interconexión.
- 1 Celda de entrada – salida de línea y protección de transformador (no requiere intervención. por parte del vendedor esta fuera del alcance de la instalación).
- 1 Red de tierras.
- 1 transformador trifásico seco.

### 3.2.4.- Celdas de enlace y protección (0L+1P)

#### POSICIÓN 1: CELDA -12 kV DE LÍNEA

1 Módulo de corte y aislamiento íntegro en SF<sub>6</sub>, de dimensiones máximas 370 mm de ancho por 1.800 mm de alto por 1.020 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montado y conexas los siguientes aparatos y materiales:

1 Interruptor rotativo trifásico de tres posiciones CONEXIÓN - SECCIONAMIENTO - PUESTA A TIERRA, V<sub>n</sub> = 12 kV, I<sub>n</sub> = 400 A, capacidad de cierre sobre cortocircuito 50 kA cresta, mando manual tipo B.

3 Captosres capacitivos de presencia de tensión de 12 kV.

3 Auto válvulas enchufables apantalladas, tensión asignada U<sub>r</sub>=15 kV, tensión máxima en servicio continuo U<sub>c</sub> =12 kV, corriente nominal de descarga I<sub>n</sub>=5 kA tipo 400PB-5SA-15-L.

2 Juegos de cerraduras de enclavamiento (seccionador de puesta a tierra en abierto con el Elemento de corte anterior e interruptor en abierto con tándem de la celda de contactor).

S/n Embarrado preparado para conducir 400 A asignados y capaz de soportar los esfuerzos Electrodinámicos correspondientes a una intensidad térmica de cortocircuito de 20 kA durante 1 segundo.

S/n Base preparada para recibir la acometida de doble borna correspondiente a los circuitos de conexión con la torre anterior y de salida a la torre posterior.

S/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm para puesta a tierra de la instalación.

S/n Accesorios y pequeño material.

#### POSICIÓN 2: CELDA 12 DE PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR SS.AA. Y MEDIDA DE TENSIÓN

1 Módulo de corte y aislamiento íntegro en SF<sub>6</sub>, de dimensiones máximas 480 mm de ancho por 1.800 mm de alto por 850 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montado y conexas los siguientes aparatos y materiales:

1 Interruptor rotativo trifásico, con posiciones CONEXIÓN – SECCIONAMIENTO – PUESTA A TIERRA, V<sub>n</sub> = 12 kV, I<sub>n</sub> = 400 A, mando manual con retención tipo BR, con bobina de disparo y sistema de disparo por fusión de fusible.

3 Porta fusibles y cartuchos fusibles de 12 kV, calibre 30 A según DIN 43625 e IEC 420.

1 Seccionador de puesta a tierra, V<sub>n</sub> = 12 kV, que efectúa la puesta a tierra sobre los Contactos inferiores de los fusibles, mando manual.

3 Captores capacitivos de presencia de tensión de 12 kV.

1 Juego de cerraduras de enclavamiento (seccionador de puesta a tierra en cerrado con Tándem de la celda de contactor o acceso a transformador de SSAA).

3 Transformadores de tensión enchufables aislamiento seco, tensión asignada 12kV, relación de transformación  $12.000:\sqrt{3} / 110: \sqrt{3}$  V, potencia de precisión 50 VA clase 0,5, factor de tensión 1,2 Un en permanencia y 1,9 Un 8h, modelo antiexplosivo.

Embarrado preparado para conducir 400 A asignados y capaz de soportar los esfuerzos electrodinámicos correspondientes a una intensidad térmica de cortocircuito de 20 kA durante 1segundo.

Pletina de cobre de 30 x 3 mm para puesta a tierra de la instalación.

### POSICIÓN 3: CELDA -12 kV DE CONTACTOR

1 Módulo de dimensiones máximas 800mm de ancho x 1.800mm de alto x 850mm de fondo, conteniendo debidamente montados y conexiónados los siguientes aparatos y materiales:

1 Contactor trifásico de corte en vacío de 12 kV, capaz de conducir hasta 400 A asignados, con mando manual, retención eléctrica y grupo de contactos auxiliares (6NA+6NC conmutados), incorporando bases porta fusibles y cartuchos fusibles DIN de 12 kV calibre 80 A y timonería de disparo por fusión de fusibles, ejecución fija, tipo V-12, fabricación ABB.

3 Transformadores de tensión de aislamiento seco, tensión asignada 12 kV, relación de transformación  $12.000:\sqrt{3} / 110: \sqrt{3}$  V, potencia de precisión, 50 VA clase 0,5, factor de tensión 1,2Un en permanencia y 1,9 Un 8h, modelo antiexplosivo.

3 Transformadores de intensidad, aislamiento seco, tensión asignada 12 kV, relación de transformación 100/1-1 A, potencias de precisión 5 VA clase 5P10 y 10 VA clase 0,5 Fs5, intensidad térmica 150 In.

S/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm para puesta a tierra de la instalación

*NOTA: Para una potencia nominal de 1.500 kW y tensión de generación de 12kV se recomienda un fusible de calibre 80 A*

1 Compartimento de baja tensión situado en el frontal superior de la celda, conteniendo en su interior los siguientes elementos y materiales debidamente montados y conexiónados:

1 Relevador de protección de sobre intensidad y cortocircuito para protección trifásica y homopolar de características inversa regulable e instantánea, (funciones 3x50/51-50N/51N).

- 2 Pulsadores “Apertura” y “Cierre” del contactor.
- 2 Pilotos de indicación del estado del contactor (abierto / cerrado).
- 1 Tándem de enclavamientos para acceso a la celda, formado por 3 cerraduras.
- 2 Bloques de pruebas de 4 elementos para los circuitos secundarios de protección y medida de los transformadores de intensidad.
- 1 I.A. magneto térmico bipolar 10A contactos aux. (1NA+1NC) para protección del control.
- 2 Interruptores automáticos magneto térmicos tripolares de 6 A con contactos auxiliares (1NA+1NC) para protección del circuito secundario de los transformadores de tensión. s/n Bornas de conexión para control, accesorios y pequeño material.

### 3.2.5. Interconexión de M.T. 12 kV.

Para la interconexión de cada Transformador y cada Generador del Aerogenerador con la celda principal, se instala líneas de enlace interiores en la torre de 12 kV, interconectadas al módulo de protección y contactor respectivamente, en instalación sobre bandeja, de acuerdo con la disposición del esquema unifilar.

Por medio de tablas se analizó instalar líneas de 12 kV a base de cable, de característica tipo XLPE-RA 15 kV de secciones 1xAWG 4/0 de Aluminio para interconexión celda - transformador y 1xAWG 1/0 (50 mm<sup>2</sup>) de Cobre en zanja que es el sistema de tierra, de acuerdo con los trazados indicados en los planos para cada tramo para la interconexión celda - generador.

En cada transformación de cada aerogenerador, la línea de 12 kV realizará la entrada en la celda compacta de SF<sub>6</sub>, mediante botellas terminales enchufables y roscadas y en los terminales del transformador se realizará mediante terminales termoretráctiles para instalación interior, adecuados a la sección de cable de AWG 4/0. Para una corriente máxima de 600 A, adecuadas a las secciones de cables mencionadas anteriormente.

### 3.2.6- Centro de Transformación tipo “Pad-Mounted” de 1.700 kVA – 12/34.5kV.

Para realizar la entrega de energía a la red interior del parque, es montado al costado del aerogenerador un centro de transformación tipo “pad – mounted” (figura 14) El diseño del transformador tipo “Pad – Mounted” se basaron con las normas ANSI C57.12.00, C57.12.22, C57.12.26, C57.12.28, C57.12.70 y C57.12.80



**Fig. 16 Montaje de transformador.**

En esta imagen solo se monta el transformador a su base ya que es parte del concepto y posteriormente se tendrá que realizar el conexionado.

#### 3.2.6.1.- Características constructivas.

##### **Prescripciones generales**

- Transformador tipo “Pad-mounted”, para instalación intemperie, de refrigeración natural e inmersa en aceite aislante.
- Aplicación elevador y reductor, frente muerto (sin partes vivas expuestas hacia una persona en el lado de accionamiento del equipo) y operación en anillo.
- Todo centro de transformación deberá disponer de una placa de características de acuerdo a la norma ANSI C57.12.00.
- La impedancia de cortocircuito debe estar conforme a la normativa ANSI aplicable.
- El aceite aislante no contendrá contaminantes que degraden al medio ambiente PCB's y cada equipo dispondrá de un certificado que así lo contemple.

- El nivel de ruido no deberá exceder lo estipulado en la normativa aplicable.

### **Cuba o tanque: (carcasa del transformador) [1]**

- La carcasa del transformador será hermética, de acero inoxidable anticorrosivo (galvanizado en caliente)
- Existirá separación física entre la zona de media y baja tensión mediante placa de acero el compartimento de alta tensión dispondrá de un dispositivo de cierre/apertura sólo accesible desde el compartimento de media tensión.
- La profundidad de la cabina será la suficiente para permitir una correcta instalación del cableado, de forma que no se transmitan esfuerzos a los obreros.
- El diseño se realizará de tal forma que se minimicen las áreas susceptibles de acumulación de agua o elementos corrosivos.
- El color del conjunto será gris galvanizado en caliente.
- El centro de transformación será de tal forma que pueda ser izado e instalado en su base de hormigón sin que sufra desperfecto ninguno. Dispondrá por tanto de elementos para su elevación instalados permanentemente, de forma que al ser elevado se mantenga perfectamente nivelado.
- Se dispondrá de dos puntos de puesta a tierra.
- Puertas de acceso:

-Sistema de enclavamiento: sólo podrá accederse a las bornas del transformador mediante la apertura de la tapa frontal. Dicho acceso dispondrá de una cerradura con llave, la cual es igual para todos los Pad-Mounted de todos los aerogeneradores de una misma alineación (cada alineación dispone de una misma cerradura pero dicha cerradura es diferente entre alineaciones). Sólo se podrá disponer de la llave de esta cerradura una vez que la celda de la subestación correspondiente a la alineación implicada esté puesta a tierra.

-Las bisagras y manilla de apertura serán de materiales anticorrosivos y de diseño robusto, para evitar la oxidación en estas.

-Una vez abiertas, las puertas dispondrán de un sistema de seguridad tal que no permita su cierre accidental debido a ráfagas de viento (ganchos, bisagras...)

-Las puertas se les colocan placas señalizadores de "Peligro" (mínimo de 7''x10'')

### **Accesorios:**

- Se dispondrá de: válvula de llenado (1 pulgada), válvula de toma de muestras de aceite y válvula de sobrepresión.
- El equipo dispondrá de: indicador de nivel de aceite, indicador de presión de aceite e indicador de temperatura de aceite (dicho accesorio tendrá dos contactos para señales de alarma y disparo)

### 3.2.6.2 Características eléctricas.

El transformador tipo “Pad-Mounted”, será de las siguientes características cumpliendo con la norma ANSI C57.12.26 [1]

**Tabla N° 2 características eléctricas.**

<b>Potencia Nominal</b>	<b>1.700 kVA</b>
<b>Refrigeración</b>	<b>OA (Aceite mineral)</b>
<b>Tensión Primaria</b>	<b>34.5kV Cobre, 200 kV BIL</b>
<b>Tensión Secundaria</b>	<b>12kV Cobre, 95 kV BIL</b>
<b>Regulación</b>	<b>+2, -2 de 2,5% c/u</b>
<b>Conexión primario</b>	<b><math>\Delta</math> - 34.5 kV</b>
<b>Conexión Secundario</b>	<b>Y - 12 kV</b>
<b>Frecuencia</b>	<b>60Hz</b>
<b>Rango de Temperatura</b>	<b>- 40 °C a + 50 °C</b>

A continuación se presenta las siguientes **Prescripciones generales:**

- Fusibles de expulsión, tipo bayoneta (50 Amp.)
- Las conexiones de alta tensión y baja tensión deben estar localizadas en el frontal del Pad-Mounted. En vista frontal, el lado de 12kV debe quedar a la derecha y el de 34.5kV (Entrada y salida) a la izquierda. Sólo podrá accederse a ellas tras la apertura bajo llave de la tapa frontal en las condiciones de sistema de enclavamiento indicadas en el apartado de “características constructivas”.
- Los seccionadores en el primario serán rotatorios inmersos en aceite tipo LBOR o similar de 600 A en continuo.
- Los seccionadores y fusibles tendrán un nivel de aislamiento 150 kV BIL.
- El equipo dispondrá de sinópticos o señalizadores de la posición en la que se encuentran los seccionadores.
- Se dispondrá de indicadores luminosos de presencia de tensión en las posiciones de entrada, salida y transformador.
- El frontal tendrá grabado el diagrama eléctrico del equipo.
- Habrá una señalización clara de la identificación de las fases.
- Las bornas deben ser compatibles con los conectores clase T-OP II, manteniéndose con las puertas cerradas las distancias adecuadas en el gabinete.

### **3.3 Líneas de 34,5 kV de la red del parque.**

Para interconectar cada Centro de Transformación tipo “Pad – Mounted” anexo a cada Aerogenerador con la Subestación principal, se instalaron líneas de enlace interiores del parque de 34,5 kV, en instalación enterrada, de tal forma que se conectaron un número determinado de aerogeneradores por circuito.

En el parque se propuso instalar líneas de 34,5 kV a base de cable, de características definidas XLPE-RA 35 kV, H, 133%, de secciones AWG 4/0, 300, 1x 500 y 800 de aluminio en zanja de acuerdo con los trazados indicados en los planos para cada tramo.

En cada transformador tipo “Pad-Mounted” de cada aerogenerador, En la línea de 34,5 kV la entrada y salida, mediante botellas terminales enchufables y roscadas, para una Corriente máxima de 600 A, adecuadas a las secciones de cables mencionadas anteriormente.

La terminación de los cables en la Subestación se realiza mediante terminales termoretráctiles para instalación interior, adecuados a la sección de cable de 500 u 800 KCM. Los cables debiendo ser conectados en las celdas de salida de 34,5 kV, dispuestas al efecto. Normalmente una por circuito o dos dependiendo el número de aerogeneradores por circuito.

En las siguientes imágenes se muestra los terminales termocontractil en subestación.



**Fig.17 elaboración de terminales termocontráctil.**

**fig.18 elaboración de terminales.**



**Fig.19 terminales en celdas de subestación.**

En estas imágenes se muestra la elaboración de los terminales, ya colocados en metal clad.

### 3.4. - Botellas Terminales [1]

Para conectar los cables de M.T. de las líneas interiores del parque utilizamos botellas terminales de las series 400 y 440 apantalladas enchufables acodadas y en “T”, debiendo ser estos terminales adecuados para el cable que se ha suministrado en la instalación de M.T. y con adaptadores adecuados para las secciones utilizadas en cada uno de los tramos y del suministrador del material.

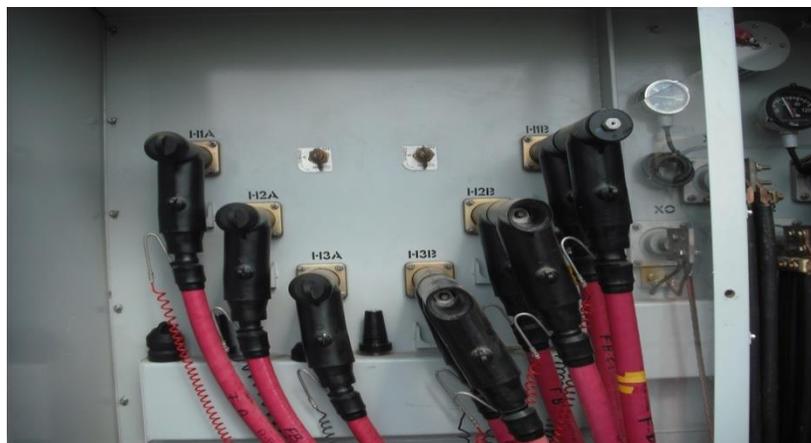
Estas botellas fueron perfectamente colocadas en los pasa tapas de las celdas de maniobra, medida y protección de cada aerogenerador.

Durante la ejecución de las botellas terminales, y mientras no se haya concluido la ejecución incluso durante su conectarización, el instalador proveerá de los mecanismos necesarios (envolvente de plástico, etc.), de tal forma que queden aisladas de la polución del Entorno.



**Fig.20 Aislado de agentes externos.**

Las botellas de entrada y de salida estarán conectadas en “T” y acodados.



**Fig.21 conexionado del TR.**

### **3.5 Enlaces de Telecontrol**

Los enlaces son realizados con fibra óptica tipo (multimodo 8 x G50/125. o monomodo 8 x E9/125 en el caso que se aplique.) para la transmisión de señales, tendiéndose los cables en el interior de tritubos de PVC.

El tendido de los tritubos se realizan por nuestra parte, los trabajos de confección de las zanjas donde éstos van alojados, es donde realizamos la excavación adecuada.

El suministro de la fibra óptica será responsabilidad del contratista pudiendo ser las marcas utilizadas en el tendido de fabricantes homologados por el susodicha. La conectorización será responsabilidad por la misma, debiendo conectar los 8 canales de cada uno de los cables de fibra óptica que entran en el aerogenerador y manteniendo estas a lo largo de las alineaciones. La fibra en un parque será siempre del misma marca por lo que cada marca contiene la misma propagación y a si no carecen de de enlaces.

Se instalarán los enlaces de telecontrol siguientes:

- Telecontrol de cada uno de los aerogeneradores instalados.
- Telecontrol de la estación meteorológica principal del parque.
- Telemando de la subestación del parque.

### **3.6.- Red general de sistema a tierras.**

Todas las redes de tierras individuales del conjunto de los aerogeneradores, tal como se especifican en los apartados del mismo se unirán mediante cable de cobre electrolítico desnudo de 52 mm<sup>2</sup> (AWG 1/0). El cable será tendido en las zanjas junto con los cables de media tensión, debajo del primer lecho de arena, (observar imagen 20). Todos los enlaces cuando se requieran en casos de tramos de evacuaciones o interconexiones o en dirección hacia subestación se realizarán mediante soldadura aluminotermia. (Imagen 21.)

En la imagen 20 muestra otra forma de como se realiza el tendido del cobre antes de la primera cama de arena como dice en los apartados anteriores.



**Fig.22 Tendido del sistema de tierra.**

Esta imagen muestra como se prepara el C.U, cuando se tiene que empatar para su tendido en zanja antes de la primera cama de arena.



**Fig.23 Empalme del sistema de tierra.**

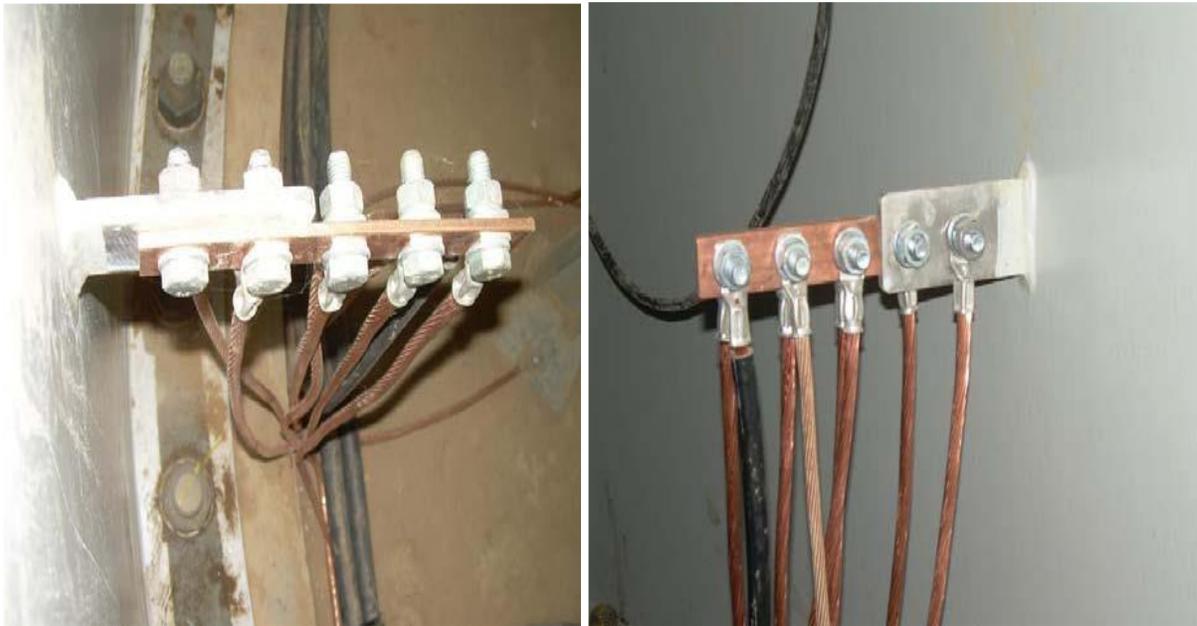
Se muestra una soldadura tipo “T” cadweld. La cual es para poder unir tramos que no llegaron al objetivo.

Nota: se utilizo el molde tipo T ya que no se contaba con el molde de paso.

### **3.6.1- Red de puesta a tierra del aerogenerador.**

En este apartado se instala una única red de puesta a tierra dentro del aerogenerador, tanto para las masas metálicas, como para la puesta a tierra del neutro del aerogenerador. Todos los terminales de sistema de tierra irán conectadas en la misma barra son ponchadas con su respectiva zapata y de determinado calibre.

Esto es por parte de los anillos colocados antes en la zapata de hormigón de parte de la cimentación.



**Fig.24 unión de todos los puntos del aerogenerador al sistema de tierra.**

Esta imagen muestra todos los cables desnudos que están atornillados a la pletina del aerogenerador que es adonde están conectados todos los sistemas de tierra.

La red de tierras constará de 3 anillos situados a diferentes niveles en el subsuelo (imag.23), el anillo inferior se instalará bajo el hormigón de limpieza, en este primer nivel se ejecutará un rombo con pletina de acero galvanizado 30 x 3,5 mm (105 mm<sup>2</sup> de sección), en cuyos vértices se unirán unas picas de acero galvanizado recubiertas de cobre, las cuales se habrán clavado previamente en el suelo. El segundo anillo (anillo de tensión de paso) a la altura del hormigón de la zapata se realizara con cobre de 70 mm<sup>2</sup> (AWG 3/0) y se unirá físicamente (mediante soldadura aluminotérmica) mediante unas prolongaciones de cobre al rombo del nivel inferior y al anillo superior (anillo de tensión de contacto) también de cobre de 70 mm<sup>2</sup> (AWG 3/0) y de un diámetro aproximado de 6 m, el anillo intermedio tendrá el diámetro de la diagonal de la zapata. El anillo superior se coloca debajo del mallazo de la acera.



**Fig.25 anillos de sistema a tierra**

Las prolongaciones y los anillos serán de cobre de 70 mm<sup>2</sup> (AWG 3/0) y el rombo inferior se realizará con pletina de acero galvanizada de 30 x 3,5 mm (105 mm<sup>2</sup> de sección), en sus extremos cuatro picas de 2 m de profundidad y 20 mm de diámetro. Para la conexión entre pletinas y entre éstas y las picas, se utilizarán piezas de acero galvanizado con apriete por tornillería. Ver procedimiento de sistema de tierras IE06\_PE0803. [1], [6]

Para la colocación de las picas de tierra se perforará el terreno con una broca de 100 mm de longitud, y clavando la pica manualmente mediante golpeo hasta alcanzar el 90% de su longitud total. Todas las conexiones de los elementos de las torres se instalarán con cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> (AWG 1/0) de sección, conectándose a un terminal situado en la base de la misma.

La puesta a tierra del neutro del transformador y la tierra de su estructura se realizarán con cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> (AWG 1/0) de sección y se llevarán desde éste, a través de las bandejas a colocar, hasta el terminal situado en la base de la torre (20 m). Desde este mismo terminal se llevará un cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> (AWG 1/0) de sección hasta la pletina de puesta a tierra de la celda compacta de SF6 (4m).

El cable de cobre desnudo de 52 mm<sup>2</sup> (AWG 1/0) de la red general de tierras que une todos los aerogeneradores se introducirá en el interior del aerogenerador, conectándose al mismo terminal que el resto de las tierras del aerogenerador. Se deberán dejar 7 m de cable de la red general de tierras desde el punto exterior de la corona de cimentación para que de esta manera queden 4 m libres dentro de la arqueta del aerogenerador.

### 3.6.2- Red de puesta a tierra del transformador tipo “Pad – Mounted”.

Es necesario interconectar los sistemas de puesta a tierra del centro de transformación y del aerogenerador, mediante cable desnudo de Cu de 50 mm<sup>2</sup> de sección calibre 1/0, a instalar en la zanja de colocación de los cables de media tensión. que como bien debemos entendemos o imaginamos ya los procedimiento, tendido de cobre 1°cama de arena de 10 cm. Tendido de cable de potencia o cable xlpe , tendido del tritubo, 2°cama de arena, placas de señalización, relleno de material extraído seleccionado, colocación de cintas amarillas de precaución, relleno de material extraído por último, la Compactación. Así pues al colocar el sistema de tierra dentro del trafo, este debe de ir conectado a la pletina de tierra de dicho transformador.

### 3.6.3.- Zanjas

El transporte de la energía producida por los aerogeneradores lo realizamos mediante tendido de cable de potencia a 34,5 kV subterráneo entre los aerogeneradores del Parque y la subestación.

Las canalizaciones discurrirán, preferentemente, paralelas a la traza de los caminos aunque esto no siempre es así. Tendrán una profundidad mínima de 1,20 m y ancho variable en función del número de circuitos ejemplo 1 circuito 60cm de ancho, 2 circuitos 80cm, 3 circuito 102cm. de alto todas de 1.20 y lo por lo debido cada circuito está compuesto por 3 cables ya que son trifásicos y denominados también como ternas.

Cabe mencionar que las zanjas no se excavarán hasta que vaya a efectuarse el tendido de los cables o la colocación de los tubos protectores según los conductores vayan directamente enterrados o no, y en ningún caso con periodos superior a ocho días si los terrenos son arcillosos o margosos de fácil meteorización.

El fondo de las zanjas se tiene que nivelar cuidadosamente, retirando todos los elementos puntiagudos o cortantes. Sobre el fondo se depositará la capa de arena que servirá de asiento a los cables o tubos.

En el relleno de las zanjas se empleo los productos de excavaciones, salvo cuando el terreno fue rocoso, en cuyo caso se utilizo tierra de otra procedencia. Las tierras de relleno se criban y se libran de raíces, contaminación u otros materiales que sean susceptibles de descomposición o de dejar huecos perjudiciales. Después de rellenar las zanjas se compactan bien, dejándolas así algún tiempo para que las tierras vayan asentándose y no exista peligro de roturas posteriores en el pavimento, una vez que se haya repuesto.

En los documentos, Planos y Presupuesto quedan definidos los tipos de zanja en función el número de circuitos. En las zanjas donde los circuitos fueron directamente enterrados, estas podrán contener hasta 3 circuitos.

En aquellos tramos donde discurren más de una zanja, la separación mínima entre ellas es de 9cm. De acuerdo al plano de detalles y como se muestra a continuación en la sig. Imagen.



**Fig.26 Canalización de Aerogenerador a aerogenerador y con una evacuación de un circuito.**

En la imagen anterior se muestra 6 cables, 1 terna que esta conexionada entre aeros y la otra terna es la evacuación de un circuito que ira hacia la S.E principal.

#### 3.6.4 Conductores entubados

En caso de cruzamientos de canalizaciones eléctricas con caminos, ríos y canales durante los períodos de estiaje, y otros servicios canalizados, los conductores irán entubados. Dichas canalizaciones estarán constituidas por dados de hormigón, embebiendo a tubos de PVC o PE de diámetro 200 mm. Dichos tubos tendrán la longitud suficiente para evitar posibles filtraciones de agua.

En caso de instalarse los conductores dentro de conductos enterrados, se dispondrá un sólo cable (o un conjunto de conductores unipolares que constituyan un sistema) por conducto, y se establecerán registros suficientes y convenientemente dispuestos a modo que la sustitución, reposición o ampliación de los conductores pueda efectuarse fácilmente. Los conductos protectores de los cables estarán constituidos por tubos de plástico (PVC o PE).

Los tubos descansarán sobre capa de arena de espesor no inferior a 10 cm, quedando enterrados a una profundidad mínima de 60 cm bajo el suelo, salvo lo dispuesto en cruzamientos con otras conducciones.

Se cuidará la perfecta colocación de los tubos sobre todo en las juntas, de manera que no queden cantos vivos que puedan perjudicar la protección del cable. Los tubos se colocarán completamente limpios en su interior, y durante la obra se cuidará de que no entren materias extrañas.

### 3.6.5-. Cruzamientos y paralelismos. [1]

Las distancias indicadas en este apartado se incrementarán, cuando aplique una condición más restrictiva establecida por reglamentación local. Además sin perjuicio de lo que al respecto puedan imponer los organismos competentes o afectados, se establecen las siguientes condiciones para cruzamientos:

- Con calles y carreteras: Los conductores se colocarán en conductos, a un mínimo de 80 cm de profundidad, resistentes y de diámetro suficiente para un fácil deslizamiento de los conductores por su interior. Los cables se colocarán en el interior de los tubos recubiertos de hormigón en toda su longitud. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

- Bajo las aguas circunstanciales: Es válido lo antedicho en el apartado anterior aumentando la profundidad a un metro.

- Con canalizaciones de agua y gas: Los conductores se mantendrán a 20 cm como mínimo de dichas canalizaciones. Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización más reciente se dispondrá entubada.

- Con otros cables de energía eléctrica: Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión. La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de alta tensión será de 0,25 m. La distancia mínima del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización más reciente se dispondrá entubada.

- Con cables de telecomunicación: La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización más reciente se dispondrá entubada. Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe de ser aislante.

- Con ferrocarriles: Los cables se colocarán entubados, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

- Con conducciones de alcantarillado: Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se colocarán entubados.

- Con depósitos de carburante: Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán como mínimo 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito como mínimo 1,5 m por cada extremo. Sin perjuicio de lo que al respecto puedan imponer los organismos competentes o afectados, se establecen las siguientes condiciones para paralelismos:

- Con canalizaciones de agua: La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de canalización de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización más reciente se dispondrá entubada. Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico. Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- Con canalizaciones de gas: La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de gas será de 0,20 m excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,4 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de canalización de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización más reciente se dispondrá entubada. Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal. Por otro lado, las arterias principales de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- Con otros cables de energía eléctrica: Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión. La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de alta tensión será de 0,25 m. La distancia mínima del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización más reciente se dispondrá entubada.

- Con cables de telecomunicación: La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización más reciente se dispondrá entubada. Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe de ser aislante.

Se muestra la imagen 25. un cruzamiento de rio con tecnicas aplicables.



**Fig.27 Cruzamiento de rio.**

En esta imagen se aplica una técnica cruce de rio para poder encofrar los tubos corrugados donde se introducirán los cables XLPE-RA.

### **3.7 Aerogenerador AW 1500. [1]**

#### **3.7.1.- Botellas terminales generales.**

Durante la ejecución de las botellas terminales, y mientras no se haya concluido la ejecución incluso durante su conectorización, se tendrá que proveer de los mecanismos necesarios (envolvente de plástico, etc.), de tal forma que queden aisladas de la polución del entorno.

Dichas terminales son realizados en subestación, celdas de aislamiento en gas SF<sub>6</sub>, u otro equipo en que se deban realizar las terminaciones de las fases con su respectivo circuito.

El material hasta su colocación en obra e instalación, se almacena de acuerdo a lo establecido en el apartado del tema almacén de este contenido.

#### **3.7.2.- Instalación de cables de acometida del aerogenerador al transformador “padmounted”**

Por parte de la acometida de 12 kv se instala el cable XLPE-RA 15 kV, sujetarlos a los elementos portantes de la celda, confeccionar las botellas terminales enchufables, acodadas y

roscadas y conectarlas a los terminales de las celdas con los pares de apriete indicados por el fabricante de éstas. Las pantallas del cable se conectada sólidamente a tierra.

Como vendedor de servicios se debe dejar en el interior de la arqueta del centro de transformación tipo “Pad - Mounted” del aerogenerador todos los cables de M.T. procedentes del centro de transformación “Pad-Mounted”, la fibra óptica, el cable de control de temperatura PT100, el cable de accionamiento bobina de disparo celda y cable de tierra.

El suministro y tendido de los cables se incluyen en otro apartado posterior.

### 3.7.3.- Instalación

Las labores de instalación, de pruebas y puesta en marcha es por nuestra cuenta (Vendedor de servicios). El centro de transformación tipo “Pad-Mounted” se realiza el conexionado en todas sus entradas y salidas, con los fusibles instalados, los interruptores abiertos, el enclavamiento de seguridad en posición de bloqueo y dispuesta para ser energizada. El terminal de tierra deberá quedar sólidamente conectado a la pletina común de tierras, a instalar en el centro de transformación, mediante cable desnudo de Cu de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Lo otro que se realiza es el montaje de transformadores, esto se transporta desde el almacén del contratista cuyo estará presente para supervisar la carga y descarga del mismo y a si mismo se lleva el control del montaje de que línea y aerogenerador se ubico.

El transformador se conecta tanto en primario (M.T en  $\Delta$ ), como en secundario (B.T en  $Y$ ), con los circuitos de protección de temperatura conectados al Ground Controller y de éste a la bobina de disparo del seccionador de la celda de protección del transformador, y todas las fijaciones mecánicas de amarre de la máquina. El terminal de tierra queda sólidamente conectado a la pletina común de tierras a instalar en centro de transformación, mediante cable desnudo de Cu de 52 mm<sup>2</sup> de sección. La unión de los cables con las bornas del transformador se hace a portable para el Instalador de los centros de transformación, y será de acero inoxidable y consistente en tornillos, tuercas, arandelas planas y de presión (grower), etc. Un representante del contratista se queda cargo de la supervisión de estas labores realizadas por personal de la empresa suministradora de los transformadores (subcontratista).

### 3.7.4.- Instalación de cables de acometida de los circuitos interiores del parque.

Se instala los cables de acometida de los circuitos interiores del parque de 34,5 kV, cable XLPE-RA 35 kV, H, 133%, sujetos a los elementos del centro de transformación, confeccionar las botellas terminales enchufables, acodadas y roscadas y conectarlas a los terminales de las celdas con los pares de apriete indicados por el fabricante de éstas. Las pantallas del cable deberán conectarse sólidamente a tierra.

Necesariamente se deja en el interior del registro del centro del transformador tipo pedestal

todos los cables de M.T. procedentes del aerogenerador y de las canalizaciones interiores del parque, la fibra óptica, el cable de protección térmica del transformador PT100, el cable de accionamiento bobina de disparo celda y cable de tierra.[1]

### 3.7.5.- Botellas terminales [1]

En este apartado se suministra las botellas terminales para cada uno de los cables de M.T. de las líneas interiores de 34.5 kV, Se identifica todos los cables en la proximidad de la botella con la fase y haciendo diferente tipo de marca para las dos tensiones coexistentes en el transformador “Pad - Mounted”.



**Fig.28** identificación de fases (Verde-Fase A, Amarillo-Fase B, Rojo-Fase C).

Previamente a la conexión de las botellas, se acreditan los ensayos de calificación, por parte del fabricante, acreditando la certificación ISO 9001 ó similar, siendo admisibles solo botellas de la contra, realizándose posteriormente los ensayos de calificación, eléctricos, no eléctricos, y de larga duración.

Durante la ejecución de las botellas terminales, y mientras no se haya concluido la ejecución incluso durante su conectorización, se provee los mecanismos necesarios (envolvente de plástico, etc.), de tal forma que queden aisladas de la polución del entorno.

### 3.7.6 Protección térmica de transformador [1]

Suministro, tendido y conexionado de cable de Cu, apantallado, tipo DN 0,6/1 kV de 6 x 0,50 mm<sup>2</sup> de sección, para conexión entre elementos de sobre-temperatura del transformador y el cuadro de control de B.T. situado en el interior del aerogenerador (20 mts) y cable de Cu, tipo DN 0,6/1 kV de 2 x 1,50 mm<sup>2</sup> de sección, entre cuadro de control de B.T. y la bobina de disparo del interruptor-seccionador del centro transformador “Pad-Mounted” (20 mts).

Se considera incluido el sellado del tubo de entrada de cables al interior del aerogenerador y el pedestal del transformador “Pad - Mounted”. Se realizará mediante espuma de

poliuretano, una vez terminada la colocación definitiva de todos los cables.

#### 3.7.6.1 Red de tierras [1], [6]

Suministro, instalación y montaje de la red de tierras del centro de transformación tipo “Pad – Mounted”, de acuerdo con el siguiente alcance:

Se realiza un anillo de tierra alrededor del centro de transformación con el material especificado, cuando el contratista de obra civil requiera estos servicios del instalador, movido por necesidades de la obra, este anillo quedará instalado bajo el lecho de arena preparado para nivelar el transformador.

Desde este anillo se derivan 4 secciones uno de cada lado de la caras anillo, a la pletina común de tierras, mediante cable desnudo que servirán para realización completa del sistema de tierras del Centro de Transformación,

También se interconectan los sistemas de puesta a tierra del centro de transformación y del aerogenerador, mediante cable desnudo de Cu de 52 mm<sup>2</sup> de sección, a instalar en la zanja de colocación de los cables de media tensión.

Los materiales que constituyen esta red de tierras son los siguientes:

- Cable desnudo de Cu de 52 mm<sup>2</sup> de sección cal. 1/0.
- pequeño material

Antes de la recepción provisional, realiza dos mediciones de la red de tierras terminada; una desconectada de la red de tierras general del parque, y otra con esta conexión realizada y emitirá el documento oportuno medida de resistencia de puesta a tierra.

#### 3.7.7 Señalizaciones

En la puerta de acceso al interior del aerogenerador se coloca una placa triangular con una leyenda que dice “Peligro de Muerte”, así como la placa de numeración del mismo.

Ambas se sujetarán a la puerta mediante remaches.

La placa de numeración de aerogeneradores son entregadas por la contratista, la de triangular “Peligro de Muerte” es de nuestra parte la sub-contratista.

### 3.7.8 Tareas, gestiones, pequeño material auxiliar y diferencia en mediciones [2]

Dado que será nuestra responsabilidad, incluye en este apartado todas las diferencias que en relación con lo especificado y considere necesarias para la terminación completa de los trabajos, no pudiendo alegar omisiones ni errores que impidan completar las instalaciones con los mejores criterios de calidad, de acuerdo con el servicio duro y exigente que tendrán que soportar éstas.

## CAPÍTULO IV

### LÍNEAS INTERIORES DE M.T. DEL PARQUE.

Como ya se ha entendido por los temas anteriores que para interconectar cada transformador “Pad-Mounted” individual de cada aerogenerador con la Subestación Principal, se instalan líneas de enlace interiores del parque de 34,5 kV, en instalación enterrada, de acuerdo con la disposición del esquema general de circuitos del parque y de acuerdo con el procedimiento de tendido.

#### 4.1 Interconexión en 34,5 kV.

Para interconectar cada conjunto Aerogenerador - transformador con la Subestación Principal, se instalarán líneas de enlace interiores del parque de 34,5 kV, en instalación enterrada, de acuerdo con la disposición del esquema general de circuitos y esquema unifilar del parque y a las especificaciones de tendido según procedimiento.

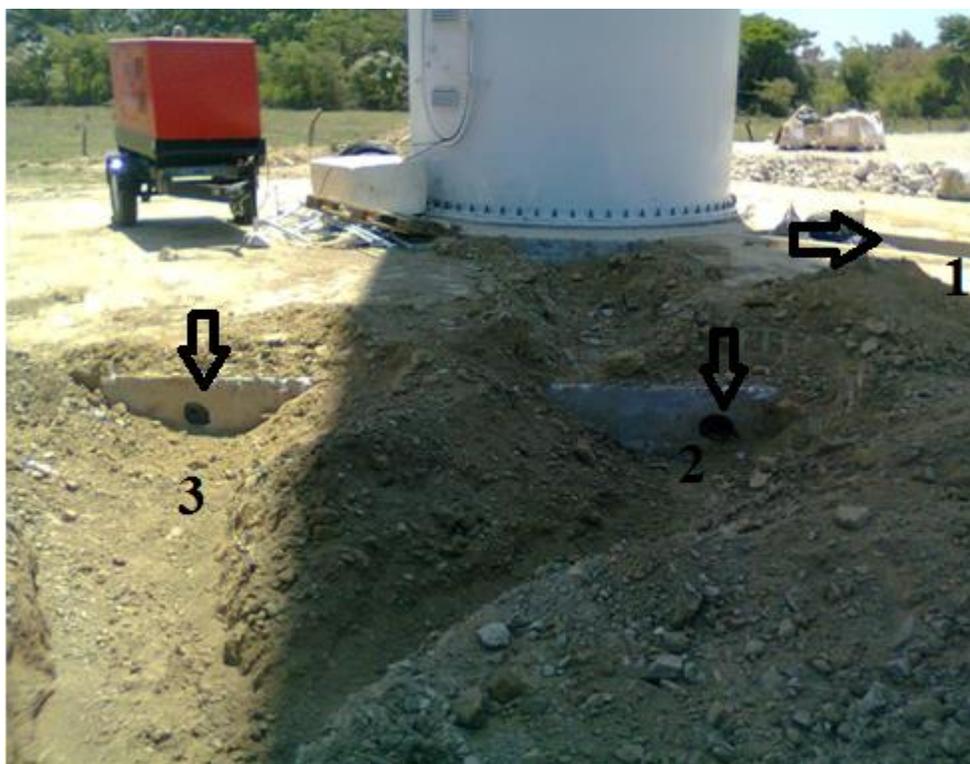
Por otra parte se garantiza que las unidades sobrantes retornan al almacén no pudiendo quedar este a la intemperie ni días previos ni días posteriores a las labores propias de esta proyecto.

#### 4.2.- Líneas interiores del parque.

También se retoma que el suministro y tendido de líneas de 34,5 kV a base de cable, de características XLPE-RA 35 kV de secciones 4/0 AWG, 300, 500 y 800 KCM de aluminio o cobre de las secciones y tipo de conductor reflejados en el proyecto, en zanja de acuerdo con los trazados y longitudes indicadas en los planos para cada tramo son propios.

Se hace mención de las longitudes de cable y se miden sobre plano de acuerdo con los siguientes criterios:

- La medición de los tramos principales entre aerogeneradores dados los puntos exteriores de la cimentación, en el recorrido de la zanja realizada al efecto.
- Los enlaces con la subestación principal se mide sobre plano hasta la celda de media tensión con la ubicación más desfavorable más el recorrido de vuelta desde la misma hasta la entrada a la subestación.
- Dentro del registro situada en el interior del centro de transformación se deja **8 m** de cable, medidos desde los puntos indicados anteriormente (disparo del tubo ya adentro del registro) para los cables de M.T. cabe mencionar que los 8 mt son de tolerancia para poder realizar las conexiones y del trirubo con 1mt es suficiente. A continuación muéstralos disparos imagen 27.



- 1 Registro o base del transformador**
- 2 Disparo del tubo donde se introducirán los cables de potencia y C.U**
- 3 Disparo donde se introducirá el tritubo para el reposo de la F.O.**

**Fig. 29** disparo de los tubos para la introducción conductores y fibra óptica.

En esta imagen se muestra los disparos donde se introducirán los conductores como el tritubo, (izquierda), y conductores (derecha) tanto como la base donde sera colocado el transformador tipo pedestal y reposaran las tolerancias de los cables.

En cada centro transformador “Pad – Mounted”, la línea de 34,5 kV la entrada y salida en el punto correspondiente mediante botellas terminales enchufables y roscadas, para una corriente máxima de 600 amperes, adecuadas a las secciones de cables mencionadas anteriormente. La confección de las botellas e instalación de los cables está incluida en el apartado Transformadores “Pad – Mounted”.

La terminación de los cables en la Subestación de distribución se realiza mediante terminales termocontráctil para la instalación interior, adecuados a la sección de cable de tendido.

Los cables son conectados en las celdas de salida de 34,5 kV, a disposición. Durante la ejecución de las botellas terminales, y mientras no se haya concluido la ejecución incluso durante su conectorización, proveeremos los mecanismos necesarios (envolvente de plástico, etc.), de tal forma que queden aisladas de la polución del entorno.

El acopio de cables deberá realizarse con el tiempo suficiente para que en el momento de tendidos la falta de los mismos no provoque demora en esta tarea, bien sea por retraso de los

contratistas o por los efectos causados en las zanjas por mal tiempo etc. se tiene a disposición cuantos medios materiales, mano de obra y medios auxiliares sean necesarios para la ejecución de las labores de tendido según la planificación semanal que se haya establecido.

#### 4.2.1-Interconexión en 12 kV C.T. – Aerogenerador. [1]

Suministro, tendido y conexionado de cable de Al, XLPE-RA 15 kV de 1x AWG 4/0, para conexión entre la celda de entrada del aerogenerador y transformador en la parte de 12 kV, incluyendo terminales de conexión (botellas en la parte de transformador y conectores enchufables apantallados en la parte de la celda del aerogenerador) estos suministros es por parte de la contratista. Se aplican los pares de apriete indicados por el Cliente a los tornillos de fijación de terminales, tanto en el lado del transformador como en el de la celda.

El apriete de los terminales deberá realizarse mediante la utilización de dados con matriz hexagonal y llaves dinamométricas (torqui metros).

Se comprobará el par de apriete (valores recomendados por el fabricante del transformador, para lo cual se dispone de la llave dinamométrica adecuada) de los tornillos de sujeción de la barra de conmutación de tensiones al finalizar su instalación, así como todas las veces que ésta deba ser cambiada de posición. Todas las conexiones de las bornas del transformador se llevan su correspondiente par de apriete (valores recomendados por el fabricante, para lo cual dispondrá de la llave dinamométrica adecuada).

#### 4.2.2.- Enlaces de telecontrol.[1]

A lo que confiere se tiende también la fibra óptica en el interior de los tritubos depositados en las zanjas de circuitos de cable, debiendo sellar preferentemente con elementos a si fuese sella ducto. La unión de los tritubos se realizara con uniones prefabricadas preparadas para uniones de tubería de PVC, son también llamados coplees con su respectivo pegamento quedando estas perfectamente acopladas.

La fibra óptica se suministra por la contratista del tipo multimodo (multimodo 8 x G50/125) o monomodo (E9/125) en el caso en que se aplique. Cuando se tiende la fibra se deja **15** metros libres de cable (3 para llegar al interior de la torre y 12 libres en el interior de la torre para la tolerancia de la fibra óptica. y la distancia necesaria para realizar la conexión. En el momento de realizar cada conexión, se identificará obligatoriamente mediante etiquetas el aerogenerador origen y destino de la conexión.

#### 4.2.3.- Red general de tierras [1],[6]

Todas las redes de tierras individuales del conjunto de los aerogeneradores, se unirán mediante cable de cobre electrolítico desnudo de 52 mm<sup>2</sup> calibre 1/0 AWG. El cable es tendido en las zanjas bajo el lecho de arena y de acuerdo al Procedimiento de Tendido. Todos los enlaces se realizarán mediante soldadura aluminotérmicas y el proceso lo efectuara un molde para soldadura y tendrá la forma tipo T. Como se muestra en la (imagen 28) Se tendrá así mismo la instrucción de red de tierras del aerogenerador.



**Fig.30 Enlace mediante soldadura.**

Esta imagen muestra el resultado de la soldadura tipo “T” aluminotérmica y aplica en uniones necesarias.

#### 4.3.- Zanjas [1]

Se ejecuta las zanjas según los trazados y secciones tipo de los planos de detalles. Los cables se instalarán en las zanjas de acuerdo a los detalles de los planos, disponiéndose entre dos capas de arena de 10 cm de espesor, como mínimo. Sobre la capa superior se colocará una cobertura de aviso y protección contra golpes de pico, constituida por una hilera continua de materiales adecuados.

La arena utilizada para servir de asiento y recubrir los cables será fina y estará exenta de materiales que puedan dañar la cubierta, piedras u otros objetos de bordes cortantes.

Por nuestra parte se suministra los materiales y medios necesarios para la correcta realización de las zanjas. No se abonará como excavación el despeje que realiza la excavadora para la retirada de tierra vegetal, ya que queda incluida como parte de la altura total de la zanja.

NOTA: En las zanjas, cuyo trazado no coincida con los caminos se realizará la preparación de camino y compactación en terreno para el acondicionamiento de plataforma de trabajo en apertura y relleno. En esta unidad queda incluida la reposición del perfil a su estado previo a la ejecución de las obras.

#### **4.4 Puesta en servicio o Energización. [1]**

El día o días de puesta en servicio la instalación o energización de la misma es cuando la instalación está totalmente terminada y revisada y con la documentación confeccionada.

En dicha operación Se dispone del jefe de obra en nuestro caso y uno o varios oficiales de 1ª el día o los días de la energización.

Se nombra un responsable por parte de la contrata para los trabajos de puesta en servicio que normalmente será la misma personal responsable de la obra por parte de la misma.

El personal necesario para una energización esta especificado en el procedimiento de diseñado para tal efecto.

En caso de existencia de fallo de las instalaciones eléctricas de media tensión, en el momento de la energización, aportaremos los medios necesarios, megger, rádar y cuantos otros fueran necesarios incluso mano de obra especializada en un plazo máximo de 24 horas y hasta la localización y reparación de fallos.

#### **4.5.- Documentación.**

Al comienzo de las obras se realiza un común acuerdo donde la contratista emite un documento de inicio de las obras (Acta de Replanteo) y a la finalización de las mismas se emitirá otro certificado provisional de las mismas, fijando el plazo para la aceptación definitiva (Acta de aceptación definitiva de las obras).

a) se entrega a la contratista para su aprobación, antes de la energización, toda la documentación relacionada con su suministro, en el menor plazo posible y siempre antes del inicio de los trabajos.

b) La documentación mencionada anteriormente, que se requirió al vendedor antes de la energización, se incluye la siguiente información:

- Protocolos de calidad de los cables.

- Protocolos de ensayo de los cables.
- Manual conteniendo todas las características técnicas y denominaciones comerciales de los materiales empleados.
- Número de las bobinas de la fibra y notación del metraje en ambos sentidos del tendido de la misma.
- Perdidas de propagación de cada uno de los tramos de la fibra.
- Documentos enviados por la Propiedad.
- FE08\_PE0803 Control de empalmes de media tensión y alta tensión.
- FE09\_PE0803 Control de tendido y aislamiento en cables de M.T.
- FE10\_PE0803 Medida resistencia de puesta a tierra.
- FE26\_PE0803 Medida de atenuación de cables de fibra óptica Reflectometría y Pérdida de Potencia. (No competente)

#### **4.6- Puesta en marcha de las instalaciones.**

Se suministra dentro del precio del contrato, todo lo necesario, incluyendo personal y medios técnicos, para la puesta en marcha de los equipos entre otras cosas que:

- a) Todas las protecciones eléctricas están perfectamente y operan correctamente.
- b) Los circuitos de control del sistema están probados y operan correctamente.
- c) Todos los reportes de seguridad y protección del sistema están adecuadamente dispuestos y operan correctamente.
- d) No existen partes con tensión a la vista o expuestas a contactos accidentales.
- e) La secuencia de conexión de fases de la línea de 12 kV a los aerogeneradores, es la adecuada y ha sido comprobada con el instalador de los aerogeneradores.
- f) Todas las conexiones de masas a tierra están realizadas y verificadas, habiéndose medido la resistencia de puesta a tierra de cada uno de los centros de transformación.

g) El personal que operará el equipo, está convenientemente calificado en la observación de las normas de seguridad diseñadas por el contratista, y en la operación y mantenimiento de las instalaciones.

h) El valor de tensión en baja es el correcto para el funcionamiento de la misma. Medido en el armario, el valor del secundario del transformador.

i) Comprobación del sentido de giro de las fases.

j) Documentación Utilizada en la energización.

- Correo de aviso, informativo y de convocatoria.
- Aceptación procedimiento energización. FE13\_PE0803
- Autorización de Puesta en Marcha. FE18\_PE0803
- Procedimiento de Energización. IE35\_PE0803

k) Todo material necesario por el Vendedor para una perfecta puesta en marcha para el cumplimiento de los requisitos de calidad y seguridad.

#### **4.7.- EQUIPOS Y MATERIALES. [1], [2]**

Los materiales que se utilizaron se describen en los anteriores apartados, y consisten básicamente en celdas de 12 kV, transformadores secos de 350 kVA, centros de transformación tipo “Pad-Mounted” de 1.700 kVA , 12/34,5 kV, botellas terminales enchufables, conos difusores, cables de tierra, cables de baja y media tensión, bandejas, fibra óptica, conectores de fibra, armario de comunicaciones y pequeño material auxiliar.

##### **4.7.1- Centro de acopio y/o almacén. [2]**

Se dispone de almacenes en la localidad, siendo deseable una proximidad con el parque eólico, en los que se realizará la recepción de los materiales, corriendo a su cuenta la organización y mantenimiento de los mismos, ocupándose de recibir, descargar, comprobar el material procedente del fabricante, clasificarlo racionalmente para su posterior reenvío a dicha obra, controlar la calidad separando los materiales defectuosos, gestionar su reparación o sustitución por parte del fabricante procediendo a la reclamación y devolución oportuna a los talleres del fabricante.

Si se dispone de almacenes en la proximidad del parque eólico y con el fin de no incurrir en la redundancia de gastos, estos almacenes podrían ser utilizados por el contratista previo acuerdo con el subcontratista. En dicho acuerdo, ambos estableceremos la parte proporcional del coste de los gastos de almacén que asumiría.

Todos los materiales deberán estar cubiertos por un seguro que garantice el valor del continente de los mismos.

#### 4.7.2.-Transporte a obra. [2]

Se tendrá especial cuidado en la carga y descarga para que el material no sufra arañazos o golpes, por lo que se deberán manejar con elementos de elevación adecuados a las características físicas de los materiales, lo mismo en el almacén y durante el montaje.

Todos los materiales transportados deberán estar cubiertos por un seguro de transportes.

#### 4.7.3.- Recepción de materiales. [1], [2]

Los materiales suministrados son sometidos a las pruebas y ensayos indicados en los pliegos de especificaciones técnicas con el fin de comprobar que satisfacen las condiciones exigidas. Para ello, se presenta la antelación suficiente, muestras de los materiales que vaya a emplear, los cuales serán reconocidos y ensayados en un laboratorio elegido de común acuerdo, de preferencia uno oficial, y siendo decisivos los resultados obtenidos en este último cuando exista duda o discusión en la calidad de los materiales.

Como norma general, todas las obras se ejecutarán con materiales de primera clase y siguiendo las reglas de la buena construcción, sancionadas por la práctica.

#### 4.7.4.- Herramientas e instrumentación. [1], [2]

Se aporta toda la herramienta e instrumentación necesaria para el tipo de conductor a emplear.

Se dispone en obra, medidores de aislamiento, detectores de faltas de cable enterrado, medidores de parámetros eléctricos, equipos para medición de tierras ( telurimetro), y en general toda la herramienta e instrumentación necesaria para la correcta ejecución y puesta en marcha de las instalaciones, una de ellas la tenemos a continuación en la imagen 29.



**Fig.31 Sistema de medición de tierra.**

Esta imagen muestra el medidor de resistencias de tierra digital que realizan mediciones de resistencia de puesta a tierra y ensayo de resistividad del suelo, este instrumento da lectura directa y tiene un rango de 0 a 2000 $\Omega$  y son de tipo auto-rango, es decir que en forma automática busca la mejor escala de medición para el ensayo a realizar.

Nos reservan el derecho de rechazar en cualquier momento aquellas herramientas e instrumentación que juzguemos no adecuadas.

Todas las herramientas se certifica con calibración emitido por un laboratorio acreditado y habiendo pasado las revisiones establecidas por el mismo.

#### **4.8.- Tendido de cables en zanjas. [1] [2].**

Cabe mencionar que en este apartado se tomó en cuenta las condiciones para la responsabilidad de la zanja ya que es un gran detalle para la realización de este proyecto:

Se debe dispone de fotografías en formato digital de todo el área en donde muestra las zanjas ejecutadas para el tendido del cable de M.T. y la fibra óptica para que el proyecto esté debidamente soportado.

Se planifico el tendido del cable en función de las necesidades de avance del proyecto.

Todas las zanjas entre aerogeneradores se trazaron en línea recta si la orografía del terreno lo permite y si la zona no tenía restricciones medioambientales.

Deberá realizarse la medida del aislamiento de los cables entre la subestación y el primer aerogenerador de cada alineación y entre cada dos aerogeneradores y esto en todos los vanos del parque, debiendo estar conectados todos los cables de la alineación en sus correspondientes salidas y entradas de celdas y cerrados los seccionadores de las mismas.

No se realizarán tendidos de cable en las zanjas si estas no están totalmente limpias y perfectamente acondicionadas, siendo nuestra responsabilidad la coordinación de los trabajos de limpieza, preparación y tapado de los cables que deberá realizarlos junto con el contratista de la obra civil. Por lo tanto la responsabilidad del subcontratista en relación con los tendidos de cables, no termina con el tendido de los mismos, sino con el cierre completo de la zanja y control de las tareas que tienen que ser realizadas por el contratista de la obra civil (zanja tendida ,zanja tapada).

Se tendrá que oponerse a no realizar el tendido en aquellas zanjas que no reúnan las condiciones adecuadas para depositar el cable en las mismas. Siendo el contratista el responsable de certificar el estado de las zanjas.

No se permiten empalmes entre aerogeneradores. En zanjas generales, si las hubiera, serían consentidos por parte del contratista. Si se realizasen dichos empalmes, estos serían siempre a cargo del subcontratista.

El tendido de la terna de cables de M.T. se realiza siempre guardando el mismo orden en las zanjas Verde, Amarillo, Rojo a lo largo de todos los circuitos ejecutados en el proyecto también garantizaremos la posición de 1ª fase. Los conductores deben de tener un identificador visual que permita distinguir las fases.

## CONCLUSIONES

En conclusión el proyecto Oaxaca III, se instalaron un total de 68 aerogeneradores con centro de transformación dentro del mismo un transformador seco que sale hacia la celda de media tensión aislada en gas SF<sub>6</sub>, que saldrá una potencia de 12 kv, se interconecta al transformador tipo pedestal o “pad- mound” que tiene una salida de 34.5 kv. Como la potencia de la red interior del parque.

El parque consta de un total de 68 aerogeneradores de 1500 kW con transformadores tipo “pedestal” trifásicos de 1700 kVA 12/34,5 kV.

Cabe mencionar que la suma total en mega watts es de 102, por todos los aerogeneradores es decir que cada aerogenerador produce la cantidad de 1.5 MW.

Los aerogeneradores se agrupan en 6 circuitos, cada uno a la tensión de 34,5 kV. Los circuitos de 34,5 kV, están protegidos por disyuntores automáticos situados en la Subestación de Parque, con la capacidad necesaria cada uno de ellos. Los circuitos llegan a la Subestación de parque donde se elevará la tensión hasta 230 kV.

Como conclusión se hace mención que las zanjas son canalizaciones enterradas para conectar los cables eléctricos entre los aerogeneradores y la subestación del Parque.

El material excavado se almacena provisionalmente en los laterales de la zanja. Se prepara la capa de arena, se instalan los cables de media tensión a 1,10 m de profundidad, con sus capas de arena a 15 cm más, placas de señalización con leyenda peligro , relleno de material seleccionado y posteriormente se rellena con el material de excavación. En aquellos tramos en que sea preciso, los cables irán entubados.

Dependiendo de las características de los circuitos habrá zanjas Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 3. Las zanjas tipos 1, 2 y 3 albergan respectivamente 1, 2 o 3 circuitos.

En los casos en que se requiera (por ejemplo cruce en caminos o bajo canal), los conductores se albergaran en canalizaciones entubadas ahogadas en concreto. En los planos correspondientes se indican las zanjas tipo y su ubicación en el parque.

## REFERENCIAS

- [1] *Procedimiento para ejecutar diferentes fases de obra en M.T.* • IEEE C57.12.00, ANSI C57.12.22, IE06\_PE0803.
- [2] *Normativa específica del comprador*, IE35\_PE0803, FE18\_PE0803, FE13\_PE0803
- [3] Normativas específicas de CFE. UNE 21-123, UNE 21 190, ISO 9001
- [4] Comisión federal de electricidad cftt “*para el suministro de instalación de Dispositivos. Señalizadores para prevención de aves.* 27 de junio del 2088, rev.00
- [5] Enrique Harper Gilberto. *Fundamentos de instalación eléctrica de media tensión y A.T* 2° edición editorial limusa México 2007.
- [6] Ortega de la vega miguel. ” *Ingeniería de puesta a tierra*” 1° edición editorial limusa, México 1988.
- [7] Henríquez Harper Gilberto “*elementos de diseño de subestaciones eléctricas* 2° edición Editorial limusa México 2006.
- [8] **NI 52.95.01.** *Norma Iberdrola. Placas de plástico, sin halógenos, para Protección de cables enterrados en zanjas.* Edición: 3ª. Enero de 2000.
- [9] NI 29.00.01. RU 0205B: *Señalización subterránea de cables enterrados. Cinta de Polietileno.* Norma Iberdrola.
- [10] I10\_P08104 (*Tendido de cables MT y AT y otras canalizaciones*), I02\_P08104 r01, RED DE TIERRAS DEL AEROGENERADOR, IE06\_PE0803

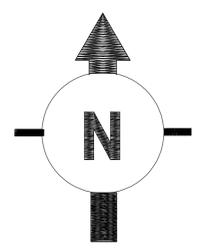
# PLANOS

C1.8 C1.7 C1.6 C1.5 C1.4 C1.3 C1.2 C1.1 C2.1 C2.2 C2.3 C2.4 C2.5 C2.6 C2.7 C2.8



C3.1 C3.2 C3.3 C3.4 C3.5 C3.6 C3.7 C3.8  
 C4.14 C4.13 C4.12 C4.11 C4.10 C4.9 C4.8 C4.7 C4.6 C4.5 C4.4 C4.3 C4.2 C3.10 C3.9

C5.1 C5.2 C5.3 C5.4 C5.5 C5.6 C6.1 C6.2 C6.3 C6.4 C6.5 C6.6 C6.7 C6.8 C6.9 C6.10 C6.11 C6.12 C6.13 C6.14  
 C5.7 C5.8 C5.9 C5.10 C5.11 C5.12 C5.13 C5.14

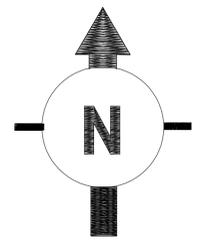
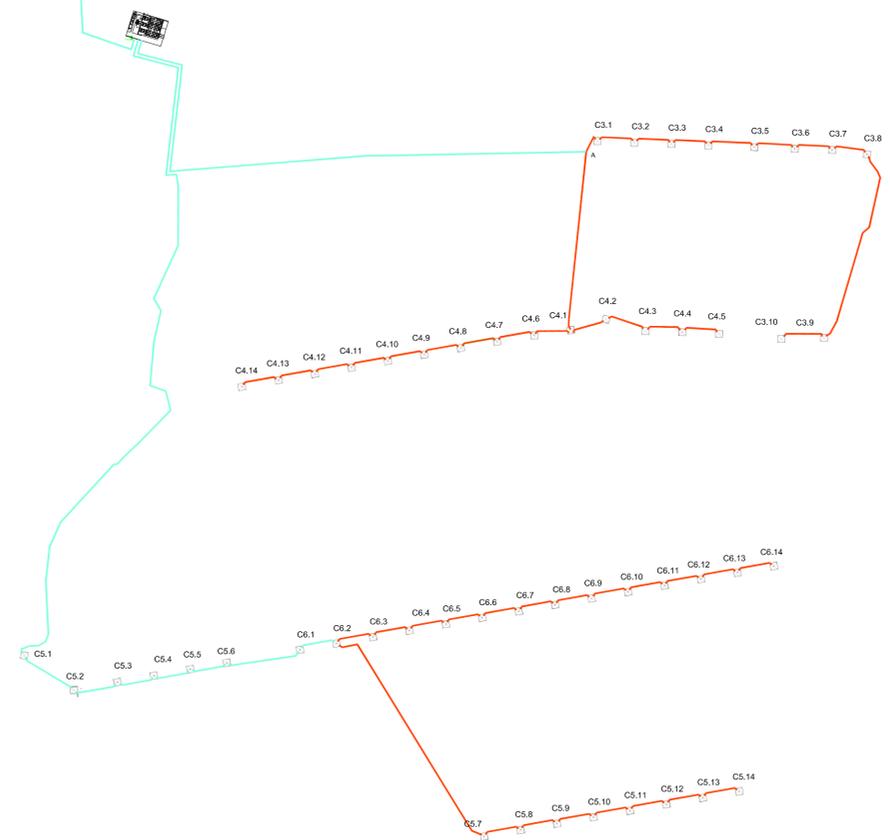
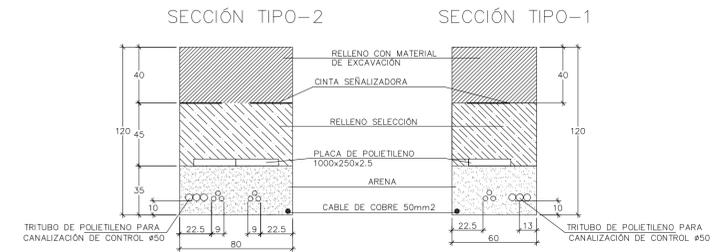


- XLPE-RA 35KV 1x800 KCM AI
- XLPE-RA 35KV 1x500 KCM AI
- XLPE-RA 35KV 1x300 KCM AI
- XLPE-RA 35KV 1x4/0AWG AI

ACCIONA ENERGÍA MEXICO S. de R.L. de C.V.	
PROYECTO DE: PARQUE EOLICO "OAXACA III"	DATUM: WGS84 HUSO: 30
DESIGNACION DEL PLANO: PLANTA GENERAL DE CIRCUITOS. R4	SISTEMA DE COORDENADAS: U.T.M.
FECHA: AGOSTO 2010	ESCALA: S/E

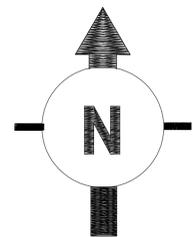
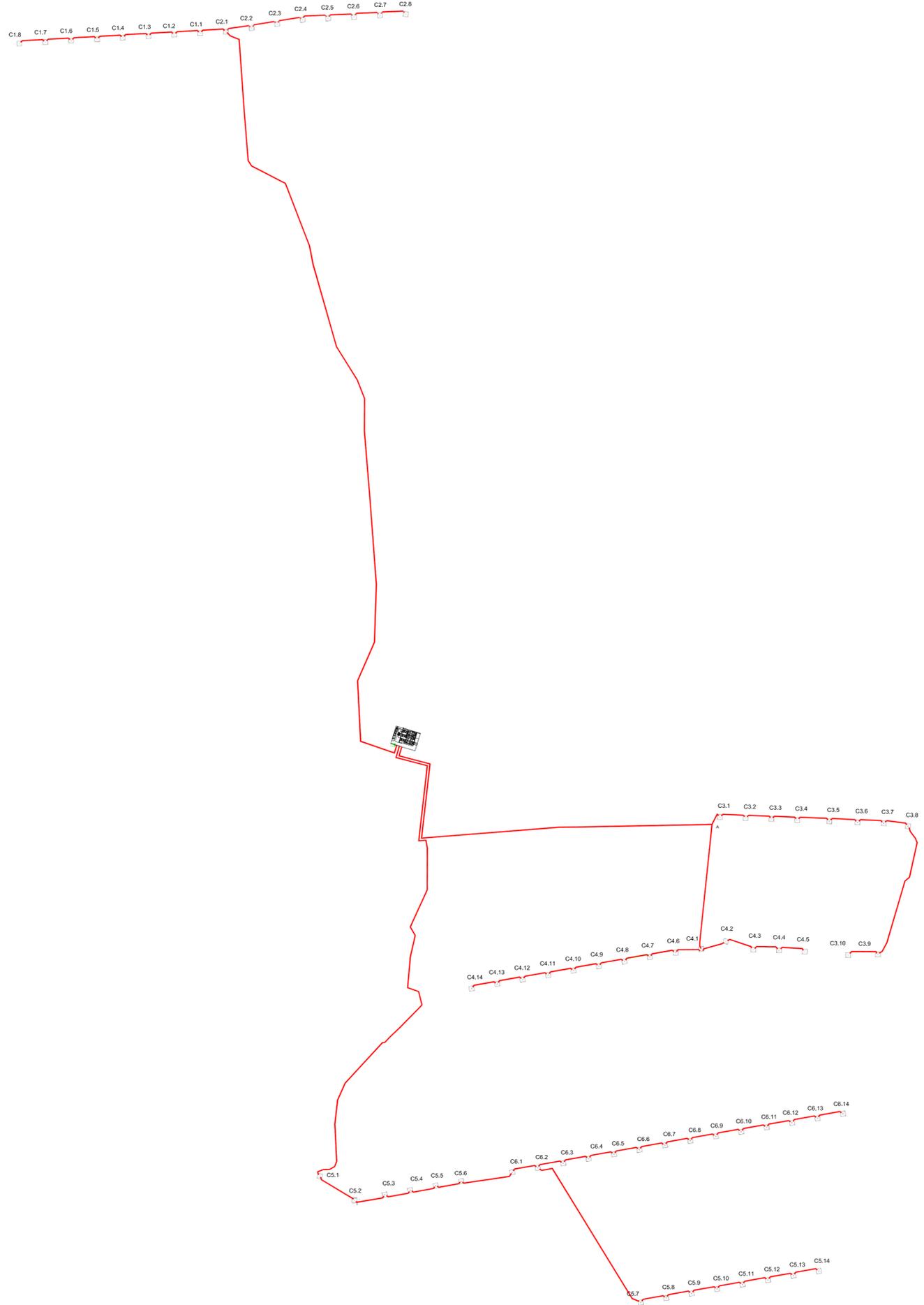
C1.8 C1.7 C1.6 C1.4 C1.3 C1.2 C1.1 C2.1 C2.2 C2.3 C2.4 C2.5 C2.6 C2.7 C2.8

SECCIÓN DE ZANJAS EN CAMPO



— ZANJA TIPO 1  
— ZANJA TIPO 2

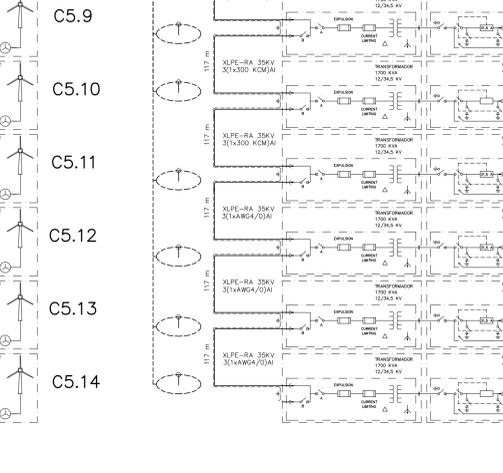
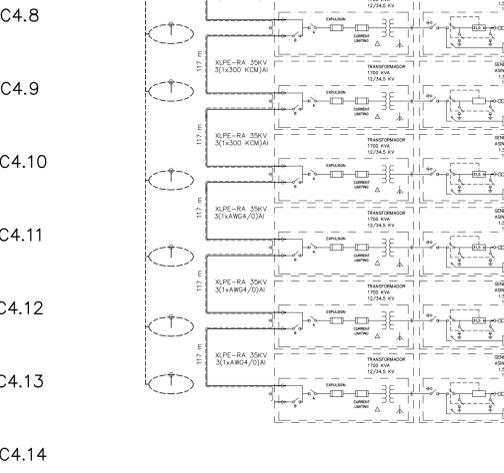
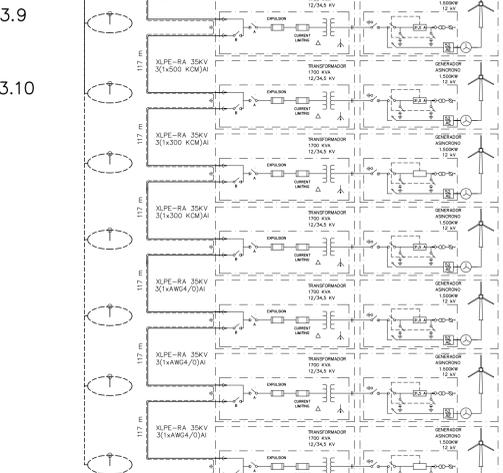
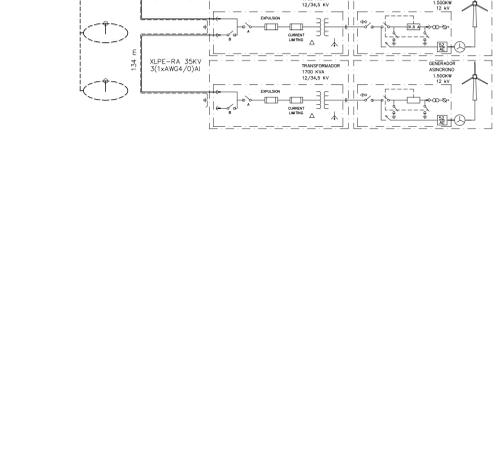
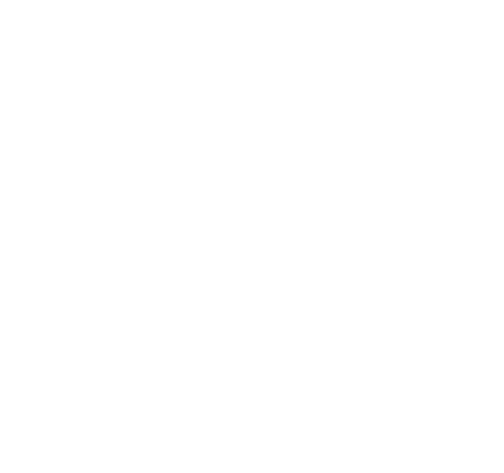
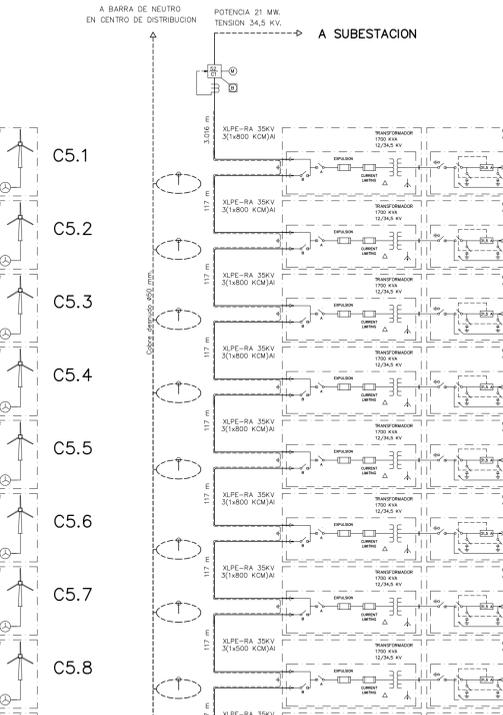
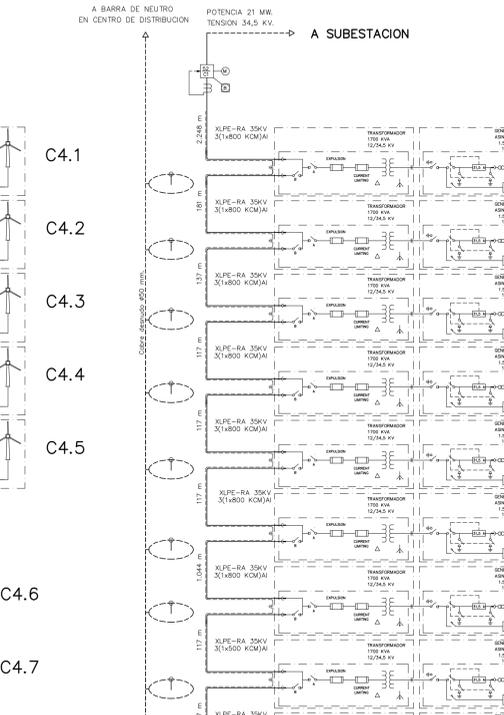
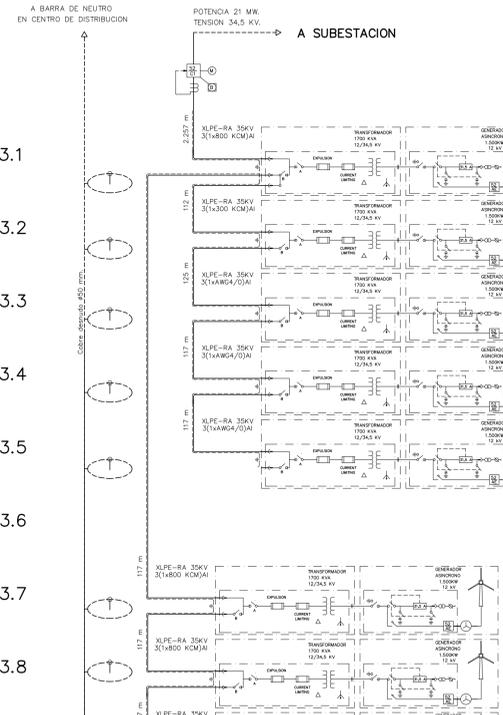
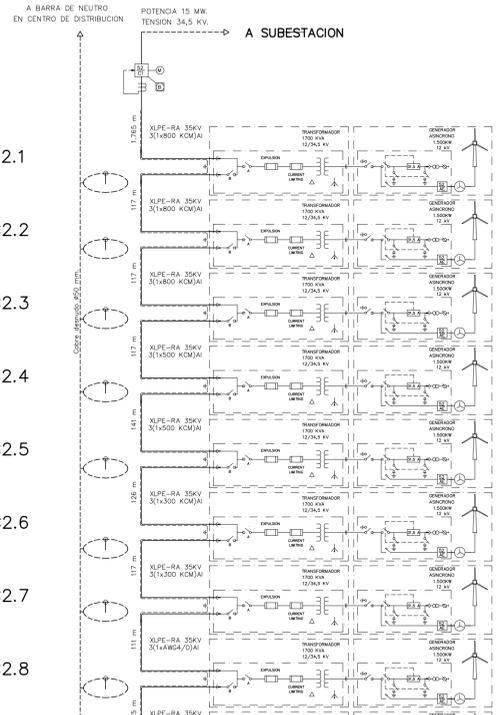
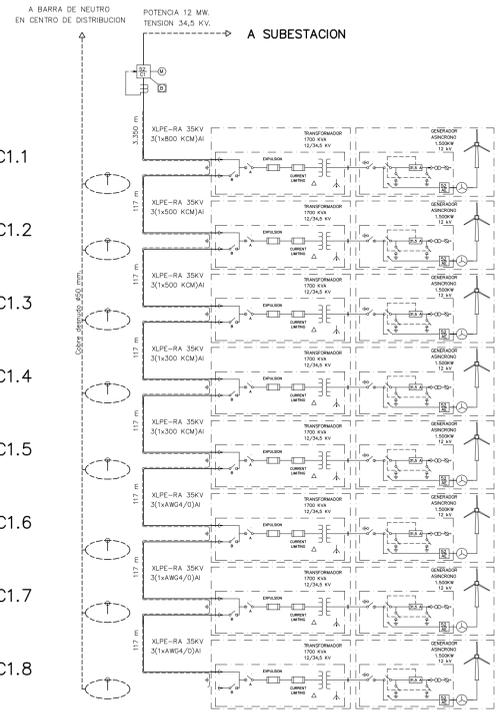
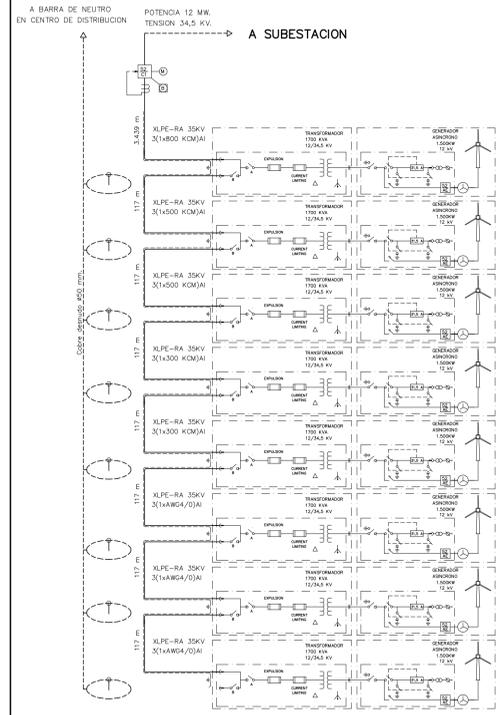
ACCIONA ENERGÍA MEXICO S. de R.L. de C.V.	
PROYECTO DE: PARQUE EOLICO "OAXACA III"	DATUM: WGS84 HUSO: 30
DESIGNACION DEL PLANO: PLANTA GENERAL DE ZANJAS. R4	SISTEMA DE COORDENADAS: U.T.M.
FECHA: AGOSTO 2010	ESCALA: S/E



— Cable Cobre 50 mm2 (AWG 1/0)

ACCIONA ENERGÍA MEXICO S. de R.L. de C.V. 	
PROYECTO DE: PARQUE EOLICO "OAXACA III"	DATUM: WGS84 HUSO: 30
DESIGNACION DEL PLANO: PLANTA GENERAL DE COBRE. R4	SISTEMA DE COORDENADAS: U.T.M.
FECHA: AGOSTO 2010	ESCALA: S/E

CENTRO DE DISTRIBUCION



C1.1  
C1.2  
C1.3  
C1.4  
C1.5  
C1.6  
C1.7  
C1.8

C2.1  
C2.2  
C2.3  
C2.4  
C2.5  
C2.6  
C2.7  
C2.8

C3.1  
C3.2  
C3.3  
C3.4  
C3.5  
C3.6  
C3.7  
C3.8  
C3.9  
C3.10

C4.1  
C4.2  
C4.3  
C4.4  
C4.5  
C4.6  
C4.7  
C4.8  
C4.9  
C4.10  
C4.11  
C4.12  
C4.13  
C4.14

C5.1  
C5.2  
C5.3  
C5.4  
C5.5  
C5.6  
C5.7  
C5.8  
C5.9  
C5.10  
C5.11  
C5.12  
C5.13  
C5.14

C6.1  
C6.2  
C6.3  
C6.4  
C6.5  
C6.6  
C6.7  
C6.8  
C6.9  
C6.10  
C6.11  
C6.12  
C6.13  
C6.14

NOTAS

Nota 1.- Se colocaran Etiquetas visibles en las arquetas, derivaciones a Aerogenerador, y bornas enchufables.  
Nota 2.- Las dimensiones de las Etiquetas sera de 10 x 3 cm. e iran sujetas con abrazaderas de plastico.

ARQUETA DE DERIVACION de Circuito Principal

ACCIONA ENERGÍA MEXICO S. de R.L. de C.V.	
PROYECTO DE: PARQUE EOLICO "OAXACA III"	DATUM: WGS84
DESIGNACION DEL PLANO: ESQUEMAS UNIFILARES PARQUE. R4	HUSO: 30
FECHA: AGOSTO 2010	SISTEMA DE COORDENADAS: U.T.M.
	ESCALA: S/E