



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

Análisis y solución de la falla en contactor 3TM de potencia de la celda interior de 12 KV en la central eólica Wayra

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Georgine LLALLAHUI TAPAHUASCO

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Llallahui, G. (2021). *Análisis y solución de la falla en contactor 3TM de potencia de la celda interior de 12 KV en la central eólica Wayra*. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Georgine Llallahui Tapahuasco
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43880326
URL de ORCID	
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Hugo Avila Vargas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09295655
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3872-2549
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Guzmán Estremadoyro Walter Alejandro
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	21143307
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Orbezo Urquizo Hernan Antonio
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10296717
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Rejis Renato Paredes Peñafiel
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06758404
Datos de investigación	

Línea de investigación	Operación y Mantenimiento de centrales eólicas
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ica Provincia: Nazca Distrito: Marcona Centro poblado: Poroma Parte : Nazca Latitud : -15° 11' 55.8" Longitud : -75° 4' 2.4" Sistema geodésico : WGS84 Localización precisa : no
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018 - 2020
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica y electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA

Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL N° 025/FIEE-EPIE/2021

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Comisión Ejecutiva del Programa de Perfeccionamiento Profesional de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, Bajo La Presidencia Del **Dr. Guzman Estremadoyro, Walter Alejandro** integrado por el **Dr. Avila Vargas, Hugo** y el **Mg. Orbezo Urquizo, Hernan Antonio**.

Después de escuchar la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. LLALLAHUI TAPAHUASCO, GEORGINE** con código N° **05190191** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional titulado “**ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE LA FALLA EN CONTACTOR 3TM DE POTENCIA DE LA CELDA INTERIOR DE 12 KV EN LA CENTRAL EÓLICA WAYRA**”

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de diecisiete (17).

Ciudad Universitaria, 02 de junio del 2021

Dr. Guzman Estremadoyro, Walter Alejandro
Presidente de Jurado

Dr. Avila Vargas, Hugo
Miembro de Jurado

Mg. Orbezo Urquizo, Hernan Antonio
Miembro de Jurado

RESUMEN

El análisis que se desarrolló se realizó a base de una investigación establecida por la empresa Nordex Acciona Wind Power, basado a conceptos, pruebas, análisis y estudios al equipo involucrado (operación y mantenimiento)

El objetivo principal de este informe es encontrar una de los diferentes puntos de solución, en base a la evaluación de pruebas, monitoreos con fines de eliminar la falla que se presentó, que tiene por nombre “CCU falla de conexión contactor estator” relacionado con el contactor de 12KV, que en su principio era un impedimento que la central eólica pueda entregar potencia a su 100%.

Los métodos utilizados para eliminar la falla que aconteció, son las siguientes: Reseteo de la orden de falla del aerogenerador, verificación de la tarjeta electrónica, pruebas de apertura y cierre del contactor 12KV, conexión de llegada de alimentación de tensión al contactor.

Debido a la solución encontrada la central eólica Wayra I, llegó a producir energía a plena carga sin volver a presentarse esta falla que fue en principio para los operadores de central y equipo de mantenimiento fue una dificultad en volver a reestablecer la maquina en sincronismo con la red. Asu vez este método sirvió como ejemplo para otras centrales.

Palabras claves : Contactor de potencia 3pm, tarjeta Mac , contactor auxiliar, falla de conexión CCU, convertidor de potencia.

ABSTRACT

The analysis that was developed was carried out based on an investigation established by the Nordex Acciona Wind Power company, based on concepts, tests, analysis and studies of the equipment involved (operation and maintenance)

The main objective of this report is to find one of the different solution points, based on the evaluation of tests, monitoring in order to eliminate the fault that occurred, which is called "CCU contactor stator connection failure" related to the 12KV contactor, which in the beginning was an impediment for the wind power plant to deliver power to its 100%.

The methods used to eliminate the fault that occurred are the following: Resetting the wind turbine fault order, verification of the electronic card, replacement of the 12KV contactor with a new one (factory warranty), opening and closing tests of the wind turbine. 12KV contactor, power supply arrival connection to the contactor.

Due to the solution found, the Wayra I wind power plant managed to produce energy at full load without reappearing this failure, which was initially a difficulty for the plant operators and maintenance team to re-establish the machine in synchronism with the net. In turn, this method served as an example for other exchanges.

Keywords: 3pm power contactor, MAC card, auxiliary contactor, CCU connection failure, power converter.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA

Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL N° 025/FIEE-EPIE/2021

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Comisión Ejecutiva del Programa de Perfeccionamiento Profesional de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, Bajo La Presidencia Del Dr. Guzman Estremadoyro, Walter Alejandro integrado por el Dr. Avila Vargas, Hugo y el Mg. Orbezo Urquiza, Hernan Antonio.

Después de escuchar la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional del Bach. **LLALLAHUI TAPAHUASCO, GEORGINE** con código N° 05190191 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional titulado “ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE LA FALLA EN CONTACTOR 3TM DE POTENCIA DE LA CELDA INTERIOR DE 12 KV EN LA CENTRAL EÓLICA WAYRA”

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de diecisiete (17).

Ciudad Universitaria, 02 de junio del 2021

Dr. Guzman Estremadoyro, Walter Alejandro
Presidente de Jurado

Dr. Avila Vargas, Hugo
Miembro de Jurado

Mg. Orbezo Urquiza, Hernan Antonio
Miembro de Jurado

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, a mi esposa y mis hijas que me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
CAPITULO I	1
INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo del informe	1
1.2 Estructura del informe.....	2
CAPITULO II	3
INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1 Institución donde se desarrolló la actividad	3
2.2 Periodo de la duración de la actividad	3
2.3 Finalidad de la entidad y Objetivos de la entidad	3
Tiene por finalidad la entidad:.....	3
2.4 Razón social	4
2.5 Correo electrónico del profesional a cargo.....	4
CAPITULO III	5
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1.- Organización de la actividad.....	5
3.2 Finalidad y Objetivos de la actividad	7
3.2.1 Finalidad.....	7
3.2.2 Objetivo.....	7
3.3 Problemática.....	8
3.3.1 Problema general	9

3.3.2 Problema específico.....	10
3.3.3 Justificación e importancia de la investigación	10
3.4 Metodología.....	11
3.4.1 Bases Teóricas	11
3.4.2 Marco conceptual.....	11
3.6 RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD:	75
3.6.2 Resultado de la actividad	77
CAPITULO IV	86
CONCLUSIONES.....	86
4. 1 Justificación	86
4.2 Metodología Aplicada	86
4.3 Descripción de la Implementación.....	87
4.4 Conclusiones.....	87
CAPITULO V	89
RECOMENDACIONES.....	89

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Central eólica wayra	6
FIGURA 2. Conexión de la central a la S.E.	6
FIGURA 3 Sub estación flamenco	7
FIGURA 4 Mapa de ubicación de la central en el departamento de Ica	8
FIGURA 5 Registro del historial de las alarmas de fallo de conexión contactor estator	9
FIGURA 6 Componentes de un aerogenerador	13
FIGURA 7 Aerogenerador Acciona	14
FIGURA 8 Característica de la torre y diámetros	16
FIGURA 9 Generador AW3000	16
FIGURA 10 Vistas Laterales Del Generador AW3000	17
FIGURA 11 Cableado Del Rotor Y Salida De Las Barras Del Estator En Un Generador Indar	18
FIGURA 12 Circuito De Refrigeración Del Generador En Máquinas Acciona	19
FIGURA 13 Multiplicadora AW3000	18
FIGURA 14 Estructura De La Multiplicadora AW3000	19
FIGURA 15 Eje Lento AW3000	22
FIGURA 16 Estructura Del Eje Lento	23
FIGURA 17 Sistema Pich	24
FIGURA 18 Estructura Del Sistema Pich	26
FIGURA 19 Sistema Yaw AW3000	24
FIGURA 20 ESTRUCTURA DEL SISTEMA YAW	26
FIGURA 21 Grupo Hidráulico AW3000	27
FIGURA 22 Estructura Del Grupo Hidráulico	28
FIGURA 23 Carcasa Modular AW300	28
FIGURA 24 Vistas Laterales De La Carcasa Modular	29

FIGURA 25 Estructura Del Cono AW3000	33
FIGURA 26 Estructura De La Pala AW3000	35
FIGURA 27 Composición De La Parte Externa De La Pala	36
FIGURA 28 Composición De Los Bordes De La Pala	36
FIGURA 29 Composición De La Parte Interna De La Pala En Un Aerogenerador Acciona	33
FIGURA 30 Tuercas Y Arandelas Que Unen La Pala Con El Buje	34
FIGURA 31 Torre De Acero AW3000	34
FIGURA 32 Estructura Del Tramo De Torre De Acero	35
FIGURA 33 Vista Desde El Interior De La Torre De Acero	36
FIGURA 34 Plataformas Intermedias Dentro De La Torre	36
FIGURA 35 Interior De Torre I	37
FIGURA 36 Interior De La Torre II	37
FIGURA 37 Interior Base De La Torre De Acero	38
FIGURA 38 Celda Ibérica De 12 Kv En Aerogenerador Acciona	39
FIGURA 39 Partes De Celda Ibérica De 12k V	46
FIGURA 40 Cabina Del Convertidor Ingeteam	41
FIGURA 41 Modelo De Un Contactor 3TM	42
FIGURA 42 Anemómetro	42
FIGURA 43 Diagrama De Bloques - Convertidor De Frecuencia En El Circuito Principal	46
FIGURA 44 Diagrama Del Circuito Del Aerogenerador AW3000	47
FIGURA 45 Estado De Condiciones Ambientales (Scada Acciona)	49
FIGURA 46 Estado Inicio A Sincronización RUN(Scada Acciona)	51
FIGURA 47 Control De Alarma (Fallas) Del Scada	53
FIGURA 48 Registro De Control Del Contactor 3TM	54
FIGURA 49 Circuito De Alimentación Inicial Del Convertidor Hacia El Contactor De 12k	55
FIGURA 50 Ubicación De La Celda Del Contactor	57
FIGURA 51 Ubicación Interior De La Celda	57
FIGURA 52 Conexiones A1/A2 Y Opcionalmente E1/E2 Del Mando Electrónico	58
FIGURA 53 Registro De Control De La Tarjeta Mac	59
FIGURA 54 Tendido Y Fijación Optima De Los Cables De La Tarjeta Mac	

	60
FIGURA 55 Ubicación Del Contacto Auxiliar	61
FIGURA 56 Montaje De La Pared Lateral	62
FIGURA 57 Ingreso De Tensión Del Convertidor A Una De Las Fases Del Contactor 3TM	63
FIGURA 58 Medición Del Tiempo	64
FIGURA 59 Barra De Cobre De 12kv Produciendo Campo Eléctrico En El Circuito	66
FIGURA 60 Barra De Cobre De 12kv Produciendo Campo Eléctrico	67
FIGURA 61 Instalación De Un Contactor En La Fase Directa De Alimentación A Tarjeta Macdel Contactor 3TM	68
FIGURA 62 Ubicación Del Contactor K4 En La Celda Del Estator	69
FIGURA 63 (Terminal 13 Auxiliar Por El Termina1 Principal) En El Contactor K4	69
FIGURA 64 (Terminal 14 Auxiliar Por El Terminal 2T1 Principal) En El Contactor K4	70
FIGURA 65 Antes Y Después Del Cambio De Terminales En El Contactor K4	70
FIGURA 66 Conexión Del Cable "K4-3I2"	71
FIGURA 67 Conexión Del Terminal R21 A Su Bornero	71
FIGURA 68 Terminal "4T2" Del Contactor K4 Con La Posición "R2"	72
FIGURA 69 Configuración Del Antes Y Después Del Circuito De Alimentación Al Contactor K4	73
FIGURA 70 Plano Del Circuito Final Para La Alimentación Del Contactor 3T	74

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Objetivo del informe

Enel Green Power en el año 2018 construyó la Central Eólica Wayra I, la cual fue fundada por el ex ministro de energía y minas “Francisco Ismodes”. Para aprovechar del viento del departamento de Ica.

El presente informe se enmarca dentro de los lineamientos de política del sector energía, el cual es, minimizar los tiempos de paradas de máquinas al encontrarse alarmas (fallas continuas y salidas de emergencia) en cada sub sistema que conforma un aerogenerador. Este informe se desarrollará la solución de la falla continua en el aerogenerador AW3000 después de su puesta en marcha que tiene por nombre “CCU falla de conexión contactor estator” en la central eólica Wayra I de la concesionaria ENEL GREEN POWER.

El análisis que se desarrolló se realizó a base de una investigación establecida por la empresa Nordex Acciona Wind Power (operadores de central), basado a conceptos, pruebas, análisis y estudios al equipo involucrado.

El objetivo fundamental de este informe es encontrar una de los diferentes puntos de solución, en base a la evaluación de pruebas, monitoreos con fines de eliminar la falla que se presentó, que tiene por nombre “CCU falla de

conexión contactor estator “relacionado con el contactor 3TM de 12KV que en su principio era un impedimento que la central eólica Wayra I pueda entregar potencia a su 100%, dado que por esta falla uno de los aerogeneradores no puede realizar el sincronismo con la red.

1.2 Estructura del informe

Los métodos utilizados para eliminar la falla que aconteció, se basaron en las siguientes pruebas como, por ejemplo: Reseteo de la orden de falla del aerogenerador, verificación de la tarjeta electrónica MAC, así como las posibles malas señales del contactor 3TM de 12KV, remplazo de contactor 3TM de 12KV, pruebas de apertura y cierre del contactor 3TM de 12KV, conexión de llegada de alimentación de tensional contactor.

Debido a la solución encontrada (campo eléctrico producido por la barra aledaña de 12KV ubicada en la celda ibérica de 12KV a la señal de alimentación de la tarjeta MAC del contactor 3TM de 12KV) la central eólica llegó a producir energía a plena carga sin volver a presentarse esta falla que fue en principio para los operadores de central, fue una dificultad en volver a reestablecer la máquina a sincronismo con la red, relacionados al contactor 3TM de 12KV, desde cambio de contactor 3TM, hasta el cambio de cableados de señal de alimentación.

La solución se basó en el monitoreo permanente de la alimentación de la tarjeta Mac del contactor 3TM, ya que después de la evaluación con el grupo de trabajo, se dio como resultado que el campo eléctrico producido por las barras aledañas de 12KV eran las que interferían a una de las fases que estaba en forma directa a la tarjeta del contactor 3TM, y también se dio a conocer que la alimentación a la tarjeta MAC del contactor 3TM circulaba por un contactor auxiliar llamada k4, motivo por el cual se realizó el cambio de contacto(auxiliar por principal) en este contactor.

La cual al realizar lo mencionado, los monitoreos se dieron por 1 semana sin encontrar la misma falla en ninguna de los aerogeneradores hasta la fecha.

CAPITULO II

INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución donde se desarrolló la actividad

Las Actividades del presente trabajo se desarrollaron en la Central Eólica Wayra I ubicada en el departamento de Ica

2.2 Periodo de la duración de la actividad

El periodo de la actividad se desarrolló entre enero 2018 a marzo 2019.

2.3 Finalidad de la entidad y Objetivos de la entidad

Tiene por finalidad la entidad:

✓ Operación y mantenimiento de aerogeneradores y montaje de aerogeneradores.

Tiene por objetivos la entidad:

✓ Solucionar problemas de mantenimiento correctivo y preventivo de aerogeneradores

- ✓ Operar desde Scada los aerogeneradores Acciona Wind Power
- ✓ Brindar soporte técnico antes, durante y después de la operación

2.4 Razón social

-Nordex Acciona Wind Power

-RUC: 20601518741

-Dirección legal: Av. Emilio Cavenecia Nro. 264 dpto. 701- San Isidro

2.5 Correo electrónico del profesional a cargo

El profesional a cargo: Marco Castillo(Supervisor OyM).
mcastillo2@nordex-online.com

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1.- Organización de la actividad

De acuerdo a los objetivos del presente trabajo de suficiencia profesional, las actividades se organización de la siguiente manera:

Se revisó diversos trabajos de investigación científica como antecedentes Nacionales, en el Perú la Central Eólica Wayra I y su Interconexión al SEIN es una iniciativa que responde a la política de promoción de la inversión en Recursos Energéticos Renovables (RER) que propicia el gobierno del Perú y que ha sido plasmada en el Decreto Legislativo N° 1002 y su Reglamento, Dentro de un marco de estabilidad jurídica a la inversión privada, nacional o extranjera y con incentivos tributarios como la Ley N° 28876 que establece la recuperación anticipada del Impuesto General a las Ventas y el Decreto Legislativo N° 1058 que permite la depreciación acelerada de hasta un 20% anual. El Gobierno Peruano viene promoviendo desde el año 2010, mediante subastas públicas el suministro de Energías Renovables, garantizado a los adjudicatarios una tarifa fija por un plazo de 20 años. (Power E. G., 2018) En la figura 1 se observa la central eólica Wayra.



Figura 1: **Central Eólica Wayra.** Fuente: Tomado de la Página Web ANDIN - Enero de 2020.

La conexión al SEIN se realizará a través de la L.T. 220 kV S.E. Flamenco y S.E. Poroma, de simple circuito de 0,685 km. Tal como se da en la imagen 2.

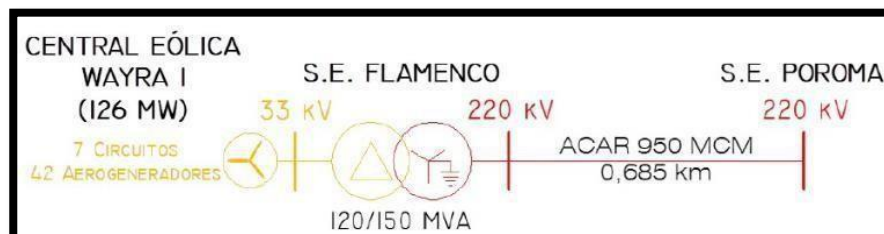


Figura 2: **Conexión de la central a la S.E.** Fuente: Elaboración Propia.

En la sub estación Flamenco, Wayra I entrega toda la potencia generada para enviarla al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y posteriormente distribuirla a todo el Perú. Tal como se observa en la figura 3.



Figura 3: Sub Estación Flamenco. Fuente: Tomado de la página web Enel – enero 2021.

3.2 Finalidad y Objetivos de la actividad

La finalidad y objetivos de la actividad fueron los siguientes:

3.2.1 Finalidad

Encontrar la falla que aconteció en la central eólica wayra con el contactor principal siemens 3TM de potencia la cual no permitía el ingreso de tensión a la red.

3.2.2 Objetivo

El objetivo general del presente informe es solucionar detectando la falla recurrente que es “CCU Fallo de conexión contactor estator” la cual genera la salida de emergencia y perdida de potencia suministrada hacia la red.

Así como el objetivo específico nos enseña en este informe, diseñar una búsqueda de posibles soluciones basado en la recolección de los posibles puntos de anomalía para determinar la causa. También evaluar el componente principal por la cual se generó la falla en común en todos los

aerogeneradores, así como los puntos que están relacionados al componente principal de estudio (contactor 12KV).

3.3 Problemática

La central eólica se encuentra ubicada en las provincia de Nasca, departamento de Ica; entre las coordenadas UTM (WGS 84) 489260,77E, 8336595,77N. El proyecto ejecutado se encuentra en la zona geográfica costa rural, cuyas localidades se encuentran entre los 200 y 900 m.s.n.m. Tal como se observa en la figura 4.

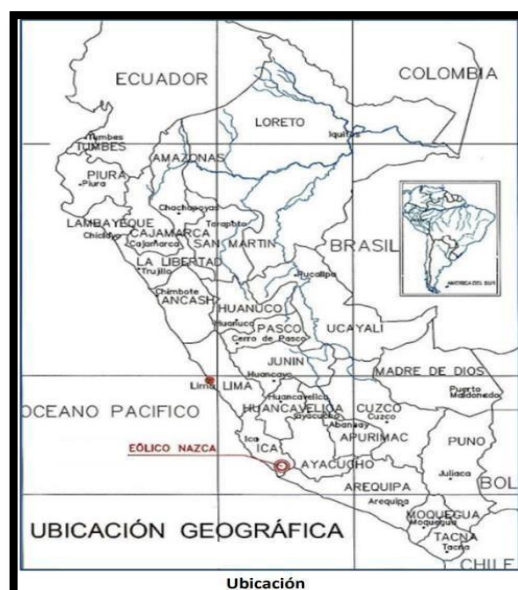


Figura 4: Mapa de ubicación de la central en el departamento de Ica. Fuente: Tomado por la página web ECURED – 2021.

Durante el proceso inicial de operación de los aerogeneradores acciona (AW3000) en la central eólica Wayra I de la concesionaria Enel Green Power, se presentaron los problemas en casi todos los aerogeneradores con la falla en común “CCU FALLA DE CONEXION CONTACTOR ESTATOR”, en la

cual salía fuera de servicio y no realizaba la sincronización de maquina a red. Cuando la turbina presenta la falla mencionada, todo el circuito en el que se encuentra dicha turbina es des energizado automáticamente desde la subestación, en la cual este es un tipo de protección que posee algunos parques de la marca Acciona. Continuación se observa en la figura 5, la historia de fallas del contactor.

Fecha	Hora	Dispositivo	Esta	Codi	Información	Subsistem	Clase	Tipo	Duració	Núme
10/07/2018	18:17:40	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:20	12171
10/07/2018	18:17:20	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
10/07/2018	06:29:59	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:01:43	12171
10/07/2018	06:28:15	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
10/07/2018	06:26:09	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	04:00:58	12171
10/07/2018	02:25:10	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
10/07/2018	02:22:32	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:09:17	12171
10/07/2018	02:13:14	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
9/07/2018	20:54:35	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:02:09	12171
9/07/2018	20:52:25	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
9/07/2018	20:45:32	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:35	12171
9/07/2018	20:44:56	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
9/07/2018	15:42:24	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:54:22	12171
9/07/2018	15:42:24	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:54:22	12171
9/07/2018	14:48:02	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
9/07/2018	14:38:53	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:15:34	12171
9/07/2018	14:23:19	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
9/07/2018	14:21:26	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:12:34	12171
9/07/2018	14:08:52	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
7/07/2018	16:50:38	WAYRA1A00017	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	05:27:17	11487
7/07/2018	16:32:50	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:08:26	12171
7/07/2018	16:24:23	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
7/07/2018	15:56:34	WAYRA1A00018	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	04:48:43	12171
7/07/2018	13:22:51	WAYRA1A00014	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:07:47	9435
7/07/2018	13:15:04	WAYRA1A00014	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	9435
7/07/2018	11:23:20	WAYRA1A00017	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	11487
7/07/2018	11:07:51	WAYRA1A00018	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	12171
7/07/2018	11:02:16	WAYRA1A00017	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	39:47:52	11487
7/07/2018	10:57:31	WAYRA1A00014	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:03:59	9435
7/07/2018	10:53:31	WAYRA1A00014	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	9435
5/07/2018	19:14:23	WAYRA1A00017	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	11487
5/07/2018	19:12:07	WAYRA1A00017	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:11:49	11487
5/07/2018	19:00:18	WAYRA1A00017	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	11487
5/07/2018	18:58:27	WAYRA1A00017	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	02:02:07	11487
5/07/2018	16:56:20	WAYRA1A00017	A	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	00:00:00	11487
5/07/2018	16:54:38	WAYRA1A00017	D	814	CCU Fallo conexión contactor estator	Convertidor P	Turbina	Alarmas que enclavan el aerog	01:14:11	11487

Figura 5: Registro del historial de las alarmas de fallo de conexión contactor estator.

Fuente: elaboración propia

3.3.1 Problema General

Problema general ¿Cuál es la solución de la falla en común y específica que se presentó en todos los aerogeneradores Acciona AW3000 en los inicios de su operación?, la cual tiene por nombre “CCU fallo de conexión contactor estator”. Asu vez los mantenimientos correctivos realizados a la Central Eólica

Wayra atrasan en la operación de continua de entrega de tensión a la red

3.3.2 Problema Especifico

Lo mantenimiento correctivos específicamente al contador de potencia, el cambio de equipos soluciona el atraso de la operación continua de la entrega de tensión a la red

3.3.3 Justificación e Importancia de la Investigación

Ante esta situación de una sobra del potencial eólico en el País, responde a motivos de estrategia económica, social y medioambiental en la ejecución de un proyecto eólico que tenga una mejor operación y mantenimiento para el despacho de energía eléctrica.

Debido a las constante fallas de un aerogenerador que entra en sus primeras horas de servicio. Es una de las causas de la restricción y atraso en la sincronización en la red, a su vez esta tecnología puede seguir siendo además un nuevo estudio para posibles tesis e investigadores en estos tiempos, es por ello que tomo como tema de informe de suficiencia profesional.

3.4 Metodología

3.4.1 Bases Teóricas

Dado que la mira central de este trabajo se enfoca en la búsqueda del mejor resultado para evitar anomalías en el contactor de potencia de 12kv.

Es necesario plantear algunos métodos de solución que sirvan para describir la forma como se teorizaran las relaciones entre varios factores que han sido identificados como importantes para el problema,

3.4.2 Marco Conceptual

¿Qué es un Aerogenerador?

Esaquel que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Estas palas de un aerogenerador giran entre 14 y 20 RPM, a una velocidad constante o variable dependiendo del viento, donde la velocidad del eje lento cambia en función de la velocidad del viento para alcanzar una mayor aprovechamiento.

¿Cómo Funciona de un Aerogenerador?

El viento hace girar las palas y éstas hacen girar el eje, la cual conecta a un generador produciendo energía eléctrica. las turbinas van generalmente montadas sobre una torre(fierro o de concreto) para capturar el máximo de energía

La velocidad del viento y la altura de las aspas contribuyen a la cantidad de energía que se genere. A continuación, se observa los componentes del aerogenerador en la figura 6.

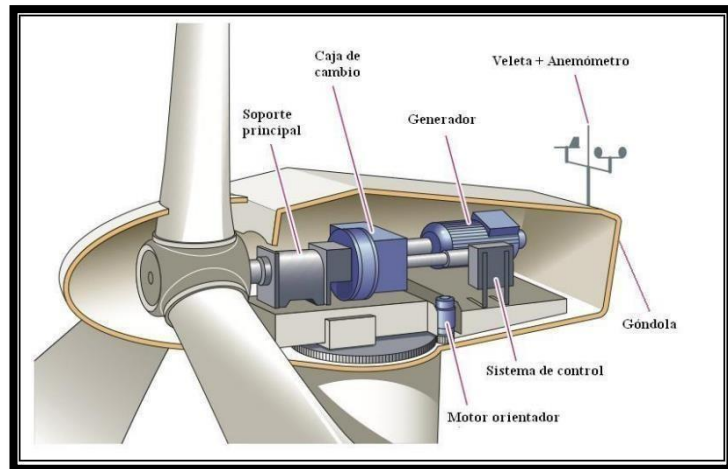


Figura 6: Componentes de un aerogenerador. Fuente: Tomado por la página web Energías renovadas - 2021

¿Cómo es la descripción técnica del Aerogenerador Acciona y cuáles son sus componentes principales?

ACCIONA WIND POWER, es una empresa que a nivel mundial se unió con la compañía alemana NORDEX, el cual a nivel europeo y latinoamericano es una de las empresas con mayor prestigio dentro de su rubro.

Un aerogenerador Acciona AW3000 es un equipo que convierte la energía del viento en energía eléctrica.

Tal como se observa en la figura 7.



Figura 7: Aerogenerador Acciona. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power - 2015

¿Cuáles son sus componentes de un aerogenerador acciona(AW3000)?

El aerogenerador será suministrado con torre de hormigón de 100 o 120 metros de altura o también una torre de acero. La tecnología plasma toda la experiencia del equipo técnico de ACCIONA en operación de aerogeneradores. A continuación, se observa en la figura 8 las características de la torre del aerogenerador. (Power A. W., 2015)

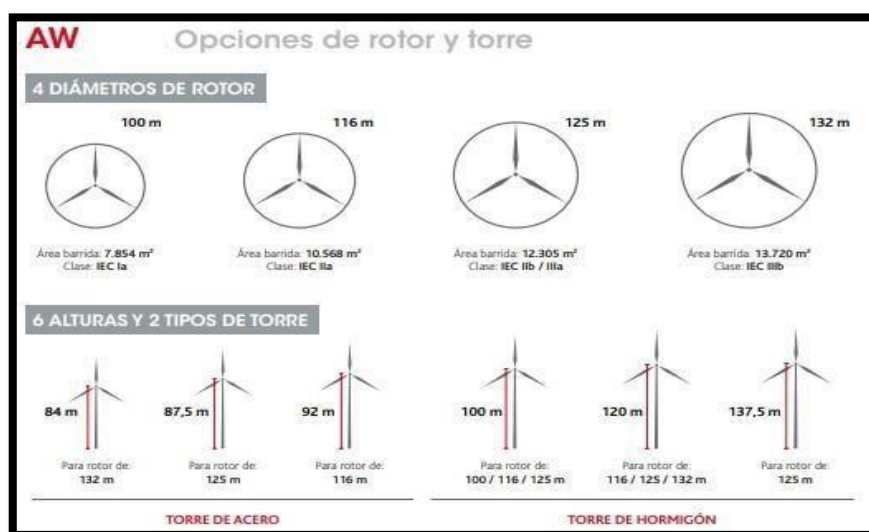


Figura 8: Característica de la torre y diámetros. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona.

Generador AW3000

La función es transformar la potencia mecánica que viene del rotor a través de la multiplicadora en potencia eléctrica para ser vertida en la red. A continuación se observa en la siguiente figura 9 la posición del generador.

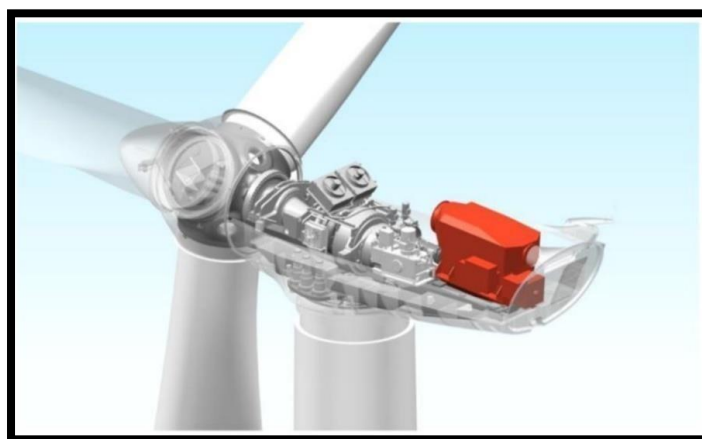


Figura 9: Generador AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power

Se trata de un generador asíncrono trifásico de inducción de 3 pares de polos, de excitación por anillos rozantes. Existen modelos de aerogenerador de potencia 3000 kW y 3300 kW y puede ser utilizado en frecuencias de red 60Hz. La característica es que se genera una media tensión (12kV).

El rango de velocidades del generador es 650 – 1350rpm para 50Hz, y 780 – 1620rpm para 60Hz. Las velocidades nominales son indistintamente 1100 - 1200 rpm (50Hz) y 1320 – 1440 rpm (60Hz). (AW3000, 2014)

El eje del generador se apoya sobre dos o tres (dependiendo del fabricante) rodamientos engrasados. El rodamiento trasero tiene una holgura en el alojamiento que permite las dilataciones axiales. El engrase de los rodamientos se realiza mediante un sistema automático con autonomía mínima de un año. En la figura 10 se observa las vistas laterales del generador, así como en la figura 11 se observa las barras de salida del estator y rotor.

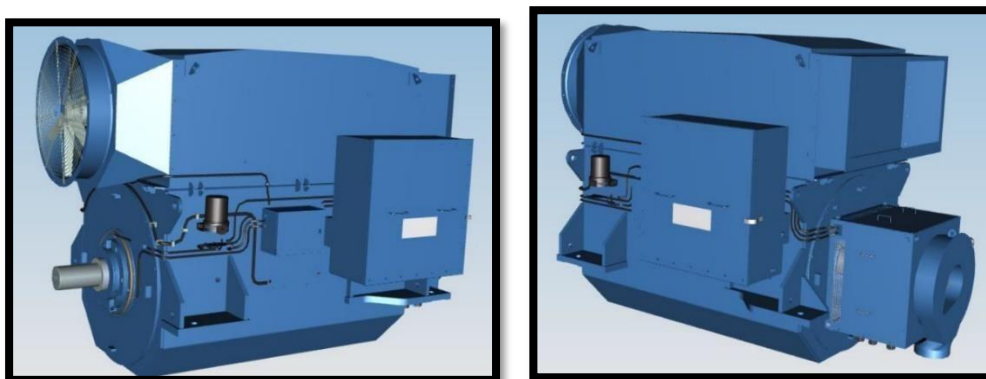


Figura 10: Vistas Laterales Del Generador AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

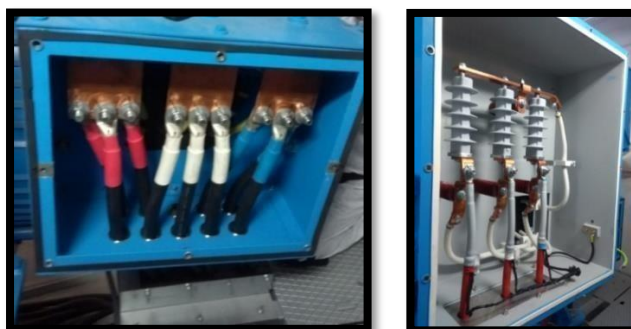


Figura 11: Cableado Del Rotor Y Salida De Las Barras Del Estator En Un Generador

Indar. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

El sistema de refrigeración consta de dos circuitos independientes, uno interior y otro exterior. El circuito interior es cerrado en el que el aire circula desde la parte trasera a la delantera mediante un ventilador mecánico solidario al eje. El circuito exterior es abierto en el que el flujo de aire va desde la parte delantera a la trasera mediante ventilación forzada. Dicho aire coge el calor del circuito primario mediante el intercambiador de calor situado en la parte superior del generador y posteriormente lo expulsa a través de un deflector situado en la parte posterior de la carcasa.

En los generadores de bajas temperaturas, la salida de aire del intercambiador de aire dispone de un sistema que permite recircular el aire de salida del generador al interior de la nacelle.

El cuerpo de anillos se refrigera mediante un circuito de refrigeración independiente donde la ventilación puede realizarse mediante un ventilador Enel eje o bien mediante electro ventiladores. El aire es expulsado al exterior a través de un conducto situado en la parte inferior del cuerpo de anillos. El generador dispone a su vez de un sistema de caldeo mediante resistencias eléctricas tanto de los devanados como del cuerpo de anillos. Como se ve en la siguiente figura 12.

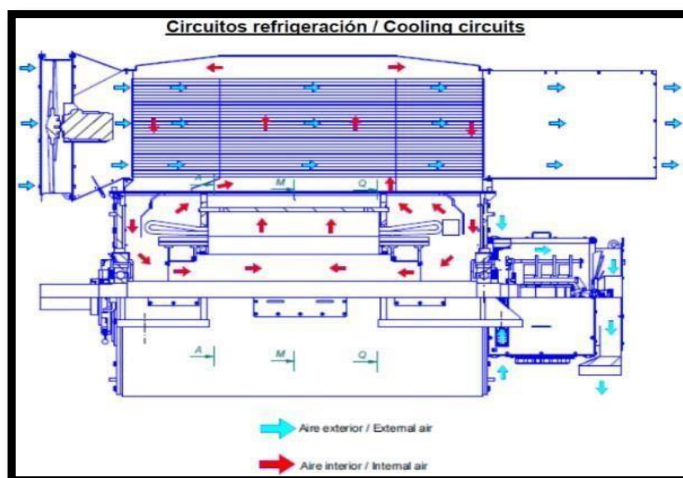


Figura 12: **Circuito De Refrigeración Del Generador En Máquinas Acciona.** Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

Multiplicadora AW3000

El conjunto multiplicadora transmite el par motor del rotor al generador, sumando la velocidad producida. A continuación se observa en la siguiente figura 13 la posición de la multiplicadora. (AW3000, 2014).

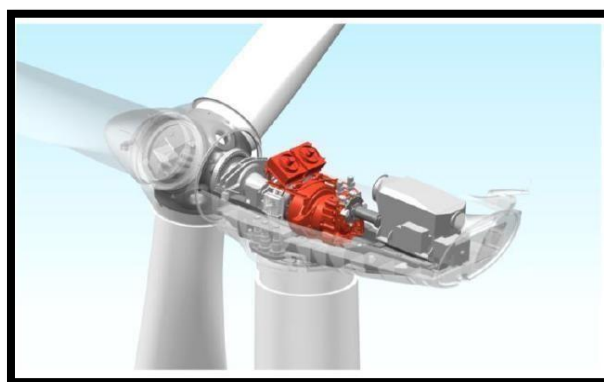


Figura 13 **Multiplicadora AW3000.** Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

A.-SILENTBLOCKS MULTIPLICADORA

La multiplicadora se une al bastidor delantero en dos puntos. La unión se realiza a través de soportes amortiguadores, con sus silent-block de goma. La función de los silent-blocks es la de absorber el par de giro de la multiplicadora, a la vez que reducen el ruido y absorben las vibraciones de la multiplicadora y no las transmiten al resto de la estructura.

B.-UNIDAD DE LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN

Para un funcionamiento correcto de los engranajes y rodamientos internos, estos van lubricados con aceite. Este aceite debe mantener un correcto estado de limpieza, para no dañar los componentes internos. La multiplicadora está equipada con un sistema de lubricación con el propósito de lubricar los rodamientos y engranajes, refrigerar o calentar el aceite, y enviarlo a la unidad de filtrado.

Se considera

- Una bomba que se acciona mediante un motor eléctrico de dos velocidades.
- Un intercambiador de calor para la refrigeración del aceite.
- Unidad de filtrado

A continuación de observa en la siguiente figura 14 la estructura de la multiplicadora

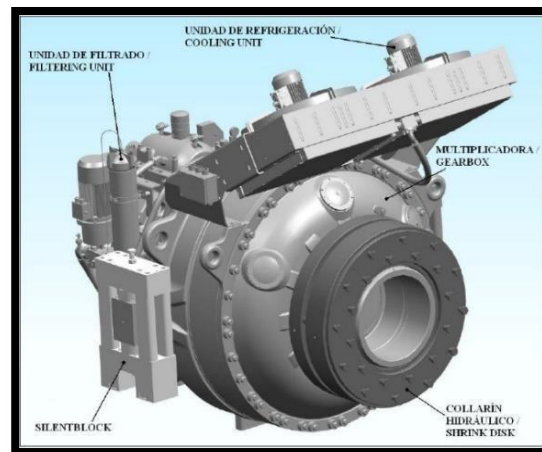


Figura 14: Estructura De La Multiplicadora AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

El estado óptimo de limpieza del aceite se consigue mediante una unidad de filtrado. El sistema de filtrado se encuentra a la salida de la bomba de lubricación, y dispone de un filtro de aceite.

Eje Lento AW3000

El eje lento transfiere la energía del viento captada por el rotor en forma de energía cinética angular hasta la multiplicadora.

A continuación de observa en la siguiente figura 15 la posición del eje lento.

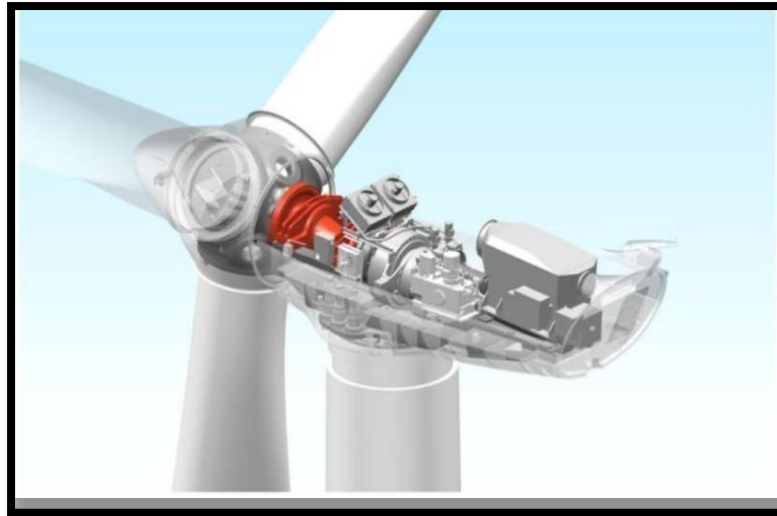


Figura 15: Eje Lento AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

La unión al buje se hace mediante una unión fraccionada con 57 pernos y 3 bulones de cortadura, uno cada 120° . El buje va registrado con el eje lento de manera que los pernos de unión no soportan esfuerzos de cortadura. El eje se apoya sobre el apoyo delantero y el apoyo trasero que le permiten el giro. A continuación se observa en la siguiente figura 16, la estructura del eje lento

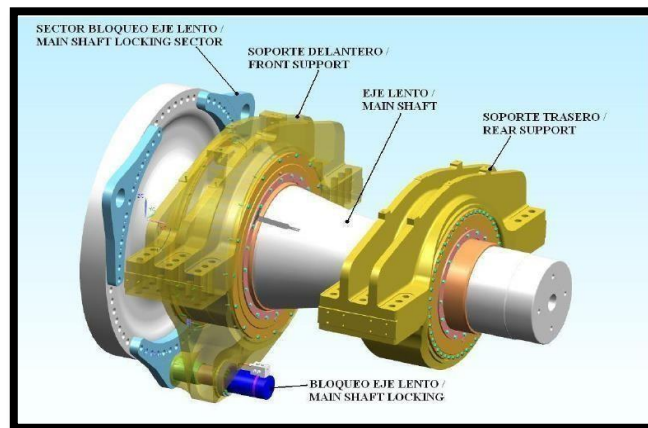


Figura 16: **Estructura Del Eje Lento**. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

A.-SECTOR BLOQUEO EJE LENTO

En el eje lento se acoplan 3 orejetas que permiten que funcionen como bloqueo mecánico de la turbina para operaciones de mantenimiento.

B.-BLOQUEO EJE LENTO

El bloqueo del eje lento se realiza introduciendo un bulón en cualquiera de los 3 sectores de bloqueo del eje lento. Este bulón se desplaza mediante un cilindro hidráulico que se acciona con una bomba manual.

C.-APOYO DELANTERO

El apoyo delantero contiene un rodamiento de rodillo engrasado (37kg de grasa), que soporta el peso del eje lento y permite su rotación. Consta también de un retén delantero y uno trasero cuya función es la evitar que se escape la grasa. El retén está diseñado para dejar escapar un poco de grasa de manera que siempre haya una película entre el retén y el casquillo.

El apoyo delantero sujeta también el bloqueo de eje lento.

D.-APOYO TRASERO

El apoyo delantero contiene un rodamiento de rodillo engrasado (34kg de grasa), que soporta el peso del eje lento y permite su rotación y también soporta las cargas axiales del rotor. Consta también de un retén delantero y uno trasero cuya función es la evitar que se escape la grasa. El retén está diseñado para dejar escapar un poco de grasa de manera que siempre haya una película entre el retén y el casquillo.

Cada una de las tapas de rodamiento, dispone de unos tapones (13) en la parte inferior, para el vaciado de la grasa.

Sistema Pitch Aw3000

El sistema permite variar el ángulo de cada pala, la cual tiene 2 objetivos

- ✓ ajustar la energía con vientos muy altos
- ✓ frenar en caso de emergencia.

A continuación se observa en la siguiente figura 17 la posición del sistema pitch.

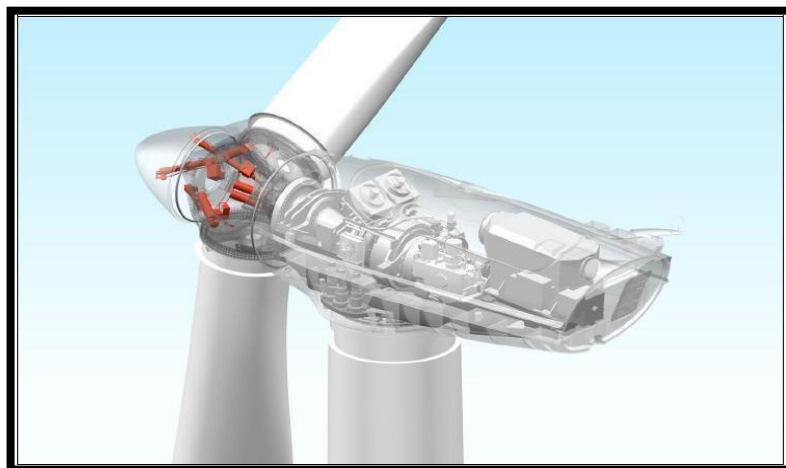


Figura 17: Sistema Pitch. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

A.- OREJETA PITCH

Los cilindros se encuentran unidos al buje mediante unos soportes que incluyen unos casquillos deslizantes para permitir el balanceo del cilindro durante su movimiento de pitch.

B.-RÓTULA PITCH + PLACA

La placa dispone además de un agujero que evita la rotación del sistema cuando la pala está en bandera si se inserta el bloqueo de pala.

C.-RODAMIENTO PALA

Los rodamientos de palas consisten en una doble hilera de bolas. La pista interior del rodamiento va fija a la pala y la pista exterior va fija al buje. En los rodamientos la pista interior tiene un ángulo con respecto a la horizontal, de forma que separa la pala de la torre.

La entrada de nueva grasa al rodamiento se realiza a través de la pista exterior mientras que la salida de grasa se realiza a través de la pista interior.

D.- CILINDRO PITCH

El movimiento para el ajuste del ángulo de paso de cada pala se acciona mediante un cilindro hidráulico. Este cilindro está físicamente ensamblado a la placa pitch, solidaria a la pista móvil del rodamiento de pala, provocando con su actuación el giro de la misma.

A continuación se observa en la siguiente figura 18 la estructura del sistema Pitch.

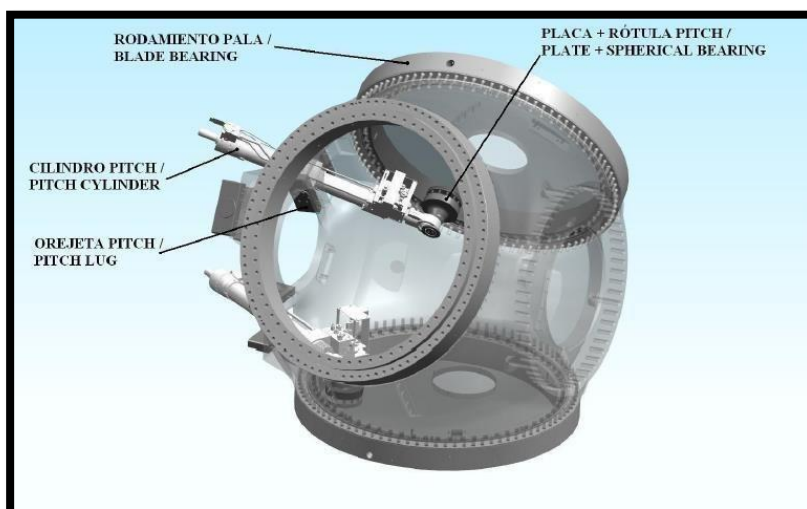


Figura 18: **Estructura Del Sistema Pich.** Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

Sistema Yaw Aw3000

(AW3000, 2014) El sistema Yaw permite girar la nacelle con respecto a la torre. Tiene dos objetivos:

- Mantiene el rotor orientado en al viento
- Controlar el cableado de la torre

A continuación de observa en la siguiente figura 19 el sistema yaw.

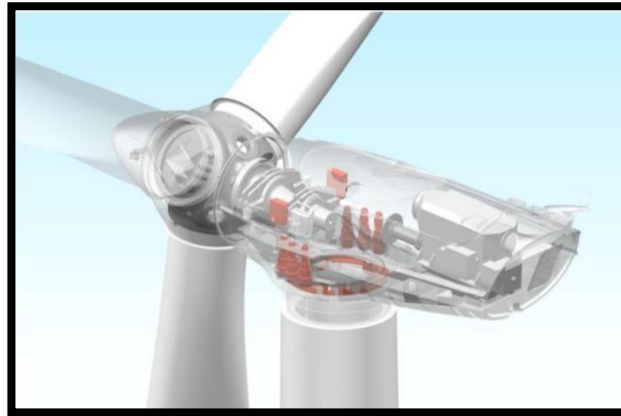


Figura 19 Sistema Yaw AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

A.- RODAMIENTO YAW

(AW3000, 2014) El rodamiento de yaw es un rodamiento de doble hilera de bolas. La pista interior del rodamiento de yaw va fijada a la nacelle, y la pista exterior va fijada a la torre.

La entrada y salida de grasa al rodamiento se realiza a través de la pista interior.

La pista exterior consta de una corona dentada sobre la que engranan los piñones de las moto reductoras para efectuar el giro de la nacelle.

B.- MOTOREDUCTORA

Las moto reductoras se compone de un motor eléctrico y un tren de engranajes reductores.

Estas moto reductoras permiten el giro de la nacelle en ambos sentidos.

Las reductoras de giro, estando fabricadas en varias etapas que permiten un fácil montaje y desmontaje y no necesitan ningún tipo de mantenimiento ni engrase.

C.- FRENO YAW

El sistema de yaw se completa con un sistema de freno activo, consistente en pinzas de freno hidráulicas, que se aplican contra la corona de disco yaw, fijando mecánicamente la nacelle en la orientación correcta.

El contacto entre la pinza de freno y la corona de yaw se realiza mediante pastillas de freno de resina sintética. Los frenos tienen un indicador de desgaste de pastillas, de manera que visualmente se puede comprobar si existe un desgaste

D.- CORONA DISCO YAW

La corona disco yaw es la superficie sobre la que se aplican las pinzas de frenos yaw para fijar la nacelle. Va situada entre la torre y el rodamiento de yaw.

Dispone de unos agujeros mecanizados de manera que se puede introducir herramienta para traccionar los pernos de unión del rodamiento de yaw con el bastidor delantero.

Tiene un canal en su parte intermedia de manera que evita que la grasa del rodamiento de yaw llegue a la pista de frenado.

A continuación se observa en la siguiente figura 20 la estructura del sistema yaw.

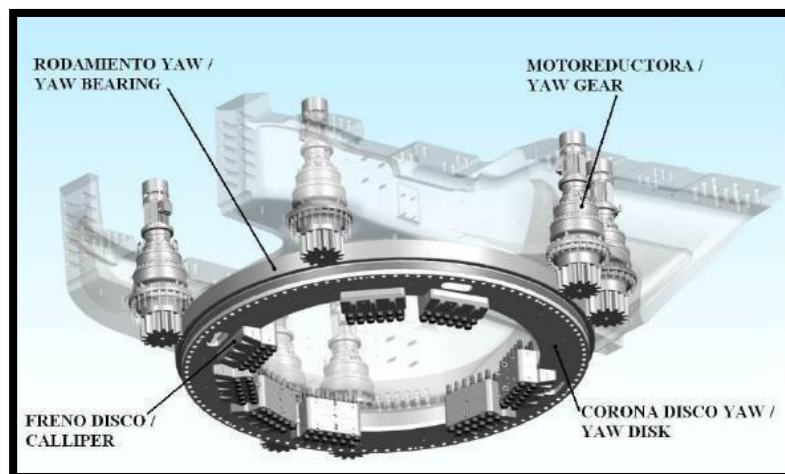


Figura 20: ESTRUCTURA DEL SISTEMA YAW Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

Grupo Hidráulico

(AW3000, 2014) La función es proporcional y controla la presión necesaria, para desarrollar las siguientes funciones:

Control del ángulo de Pitch durante la operación normal de la turbina.

Llevar las palas a la posición de seguridad (90°) en caso de fallo eléctrico o falta de presión.

- Activación del freno de Yaw:
- Actuar con presión baja cuando la turbina está orientando.
- Actuar con alta presión cuando la turbina está orientada, en Fallo o en Emergencia.
- Activación del freno de disco en eje rápido

A continuación se observa en la siguiente figura 21 la posición del grupo hidráulico.

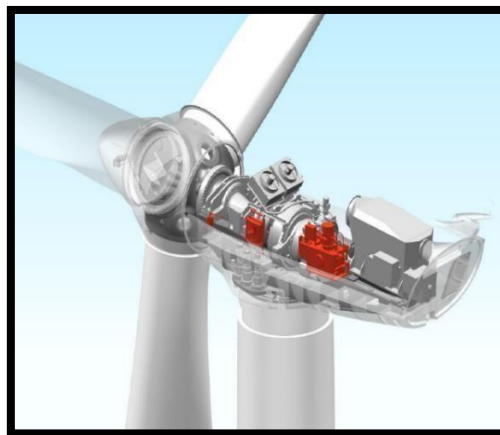


Figura 21: Grupo Hidráulico AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

A.- ESTRUCTURA

Se compone de dos equipos:

- ✓ Equipo principal
- ✓ Equipo auxiliar de frenos

B.- EQUIPO PRINCIPAL

El equipo principal es accionado por un motor eléctrico de 50 CV. Suministra fluido a presión mediante la bomba a los movimientos de los cilindros de Pitch y Bloqueos de Pala. También suministra fluido a presión mediante la bomba auxiliar al circuito de filtrado y refrigeración.

C.- EQUIPO AUXILIAR DE FRENOS

El equipo auxiliar es accionado por un motor eléctrico de 2 CV. Suministra fluido a presión mediante la bomba, a los cilindros de Freno de Yaw y freno de eje rápido. Incluye un depósito auxiliar con una bomba manual, para poder accionar el Freno de eje rápido y/o sistema de bloqueo/desbloqueo de eje lento de forma manual. A continuación se observa en la siguiente figura 22 la estructura del grupo hidráulico.

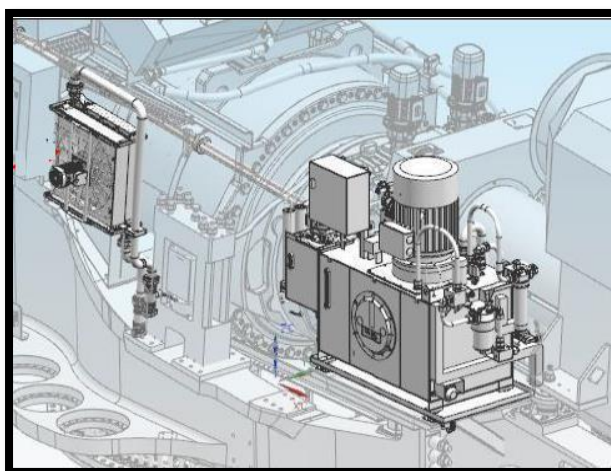


Figura 22: Estructura Del Grupo Hidráulico. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

Carcasa Modular Nacelle AW3000

(AW3000, 2014) La nacelle está protegida del exterior mediante una carcasa elaborada con poliéster con fibra de vidrio. La misión de esta carcasa es la de evitar entradas de agua y otros elementos al interior de la nacelle. A continuación se observa en la siguiente figura 23 la posición de la carcasa modular.



Figura 23: Carcasa Modular AW300. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

A su vez permite realizar las operaciones de mantenimiento y otras en el interior de la nacelle de manera más segura. La carcasa se une al bastidor delantero y al trasero en 8 puntos, mediante unos soportes atornillados a una estructura metálica que consta de 70 piezas. Tal como se observa en la figura 24.

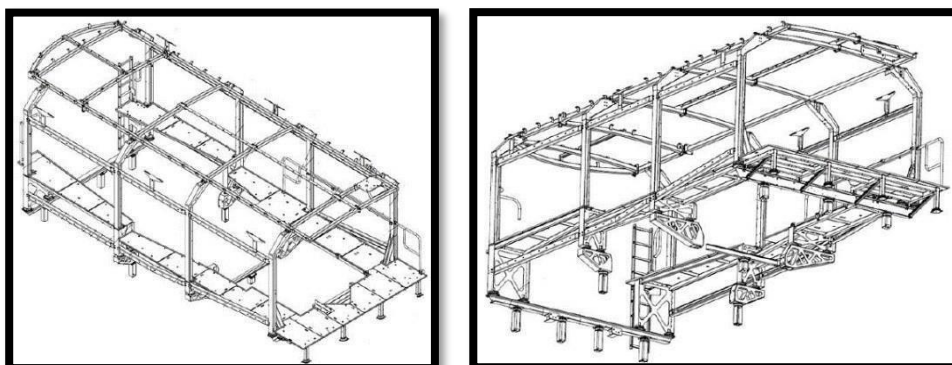


Figura 24 Vistas Laterales De La Carcasa Modular Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

Cono-Nariz AW3000

La turbina consta de un cono de fibra, el cual cubre el buje ante las inclemencias de los factores meteorológicos. Dispone de 3 aperturas para el montaje de las palas en el buje. También existe una abertura para permitir la unión del buje al eje lento de la máquina.

Tal como se observa en la figura 25.

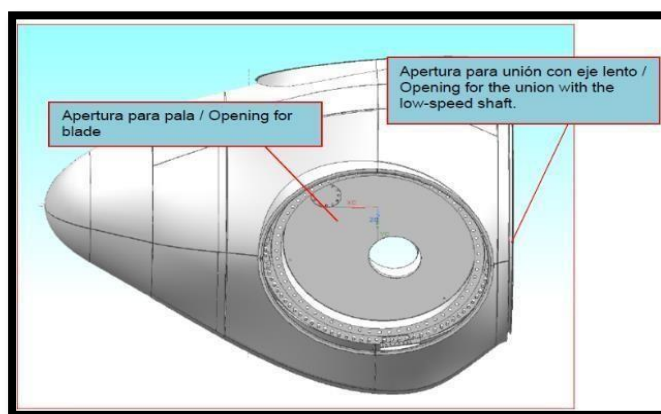


Figura 25: Estructura Del Cono AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona.

Palas AW3000

Las 3 palas se encargan de transformar la energía del viento en rotación, que transmitida al generador producirá electricidad.

La turbina tiene de 3 palas fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio las cuales van unidas al rodamiento del buje mediante una corona de

pernos. Este juego de 3 palas debe estar perfectamente contrapesado para evitar que se provoquen esfuerzos extras sobre la máquina por un desequilibrio en el rotor de palas.

Las palas tienen una posición en la que se obtiene el máximo de producción a la cual se llama 0º de pala y una en la cual se usan como freno aerodinámico de la máquina ya que en esa posición el viento no consigue hacer girar el rotor. Esta posición se llama bandera o 90º. El sistema de pitch es el encargado de mover la pala entre esas dos posiciones.

A.-SUBCONJUNTOS

Sistema Pararrayos

Cada una de las palas lleva instalado un sistema de captación y conducción de rayos preparado para conducir descargas de nivel de protección LPL I de acuerdo a la IEC 61400-24, y por tanto preparado para rayos con una corriente pico máxima de 200 kA.

El sistema consta de un captador de punta situado en el extremo de la pala, que está conectado al cable principal. A su vez este cable principal constituye el conductor principal y está rutado a través del eje neutro de la pala. Este cable tiene una sección, material, aislamiento y características de acuerdo a la tabla

C.1 de la norma IEC 61400-24.

A través de este cable se conduce la descarga tipo rayo desde el punto de impacto hasta la raíz de la pala donde se conecta a uno de los pernos de raíz de pala.

Desde el perno de raíz el rayo es conducido a través del rodamiento a la estructura de la nacelle y desde ahí a tierra. Tanto en la concha de succión como de la concha de presión, se colocan receptores intermedios para garantizar la correcta protección de la pala completa. Estos receptores se conectan con el cable principal a través de ramificaciones realizadas con el mismo tipo de cable.

En la parte final del rutado del cable principal, se coloca una tarjeta medidora

encargada de registrar el valor de corriente del rayo de máxima intensidad de los conducidos. A continuación se observa en la siguiente figura 26 la estructura de la pala.

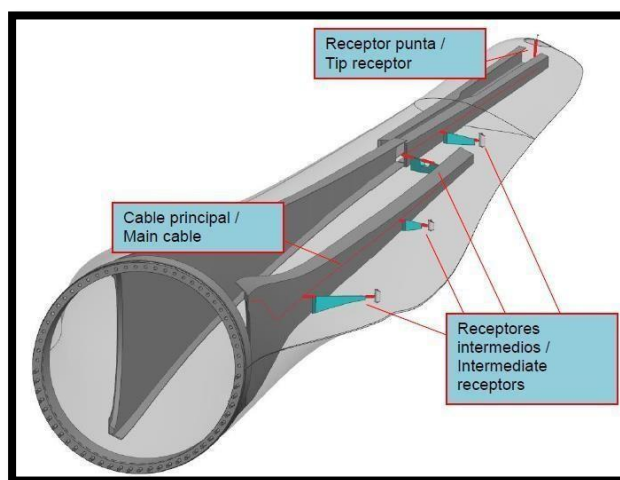


Figura 26 Estructura De La Pala AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

PARTES Y ESTRUCTURA

A.- Partes externas

La pala se compone de dos partes principales: Concha de presión:

Es la cara de la pala que, cuando ésta está en posición de trabajo (0°) queda más alejada de la torre.

Concha de succión:

En posición de trabajo (0°) es la cara de la pala más alejada de la torre. Tal como se observa en la figura 27.

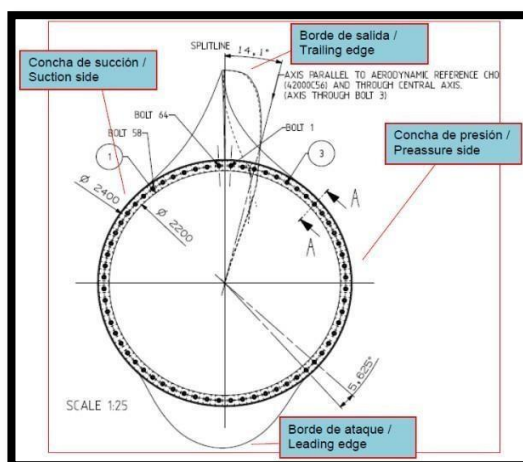


Figura 27: **Composición De La Parte Externa De La Pala.** Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

Estas dos partes se unen en dos bordes:

i) Borde de ataque:

Es la zona redondeada anterior del perfil, que entra en contacto con la corriente incidente antes que el resto en funcionamiento normal.

ii) Borde de salida:

Es la zona posterior y afilada del perfil, por la que la corriente abandona la pala. A continuación se observa en la siguiente figura 28, la composición de los bordes de la pala.

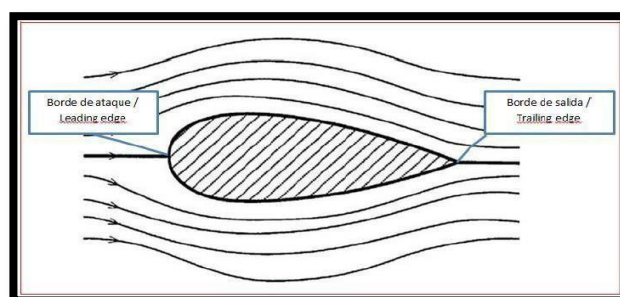


Figura 28: **Composición De Los Bordes De La Pala.** Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

B). - Estructura interna

La estructura interna de la pala se compone de:

- ✓ Larguero principal
- ✓ Larguero secundario
- ✓ Larguero de punta de borde de ataque
- ✓ Larguero de punta de borde de salida

A continuación de observa en la siguiente figura 29 la composición de la parte interna de la pala.

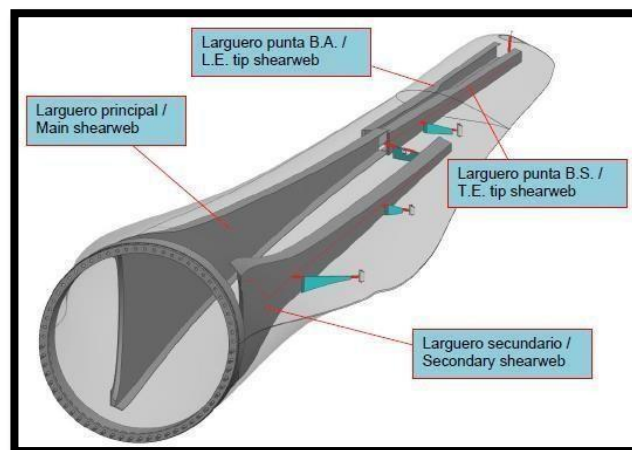


Figura 29: Composición De La Parte Interna De La Pala En Un Aerogenerador Acciona.

Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

C.- UNIÓN CON EL BUJE

La pala se une al buje mediante el rodamiento de pitch. La pala va fijada al aro interior del rodamiento con 64 pernos M36. Cada perno va roscado en la rosca

hembra de cada bulón que hay insertado en la raíz de pala. Asimismo, son tensionados con una fuerza de 420kN y fijados mediante tuerca y arandela. Tal como se observa en la figura 30.



Figura 30: Tuercas Y Arandelas Que Unen La Pala Con El Buje. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

Torre acero AW3000

La torre de las turbinas tiene una doble función:

Situar la nacelle a una altura determinada (92 o 87,5m). Transmitir las cargas mecánicas producidas en la nacelle a la cimentación (AW3000, 2014), continuación de observa en la siguiente figura 31 la torre de acero.



Figura 31: Torre De Acero AW3000. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

A.- ESTRUCTURA

La torre de acero se divide en cinco tramos (figura 32). Dichos tramos se atornillan entre sí para formar conjuntamente la torre.

Tramo 1

La torre está conectada a la cimentación mediante una doble hilera de pernos embebidos en la propia zapata. Estos pernos van tensionados. En la parte inferior del tramo hay una puerta metálica que permite el acceso al interior de la torre.

Tramos 2-5

La estructura portante de este tramo de torre se compone de chapas curvadas

soldadas entre sí, denominadas virolas, y de una brida inferior y una superior, también soldadas a las virolas.

Cada uno de los tramos tiene en su parte superior una plataforma para labores de mantenimiento. A continuación se observa en la siguiente figura 32 la estructura del tramo de la torre de acero.

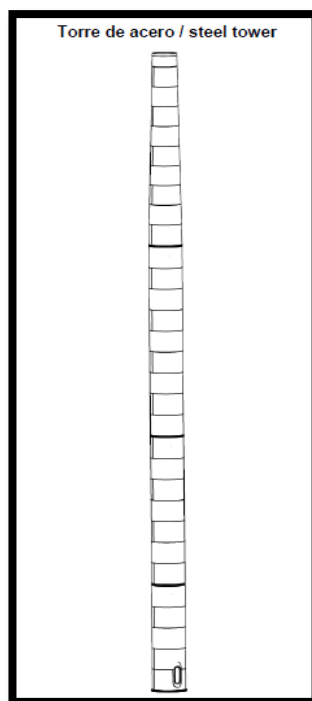


Figura 32: Estructura Del Tramo De Torre De Acero. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

B.- INTERIOR DE TORRE DE ACERO

En el interior de la torre, una escalera recorre toda su longitud para comunicar la parte inferior, o base de torre, con la superior para acceder a la nacelle. La escalera es utilizada como guía para el elevador. Tal como se observa en la figura 33.

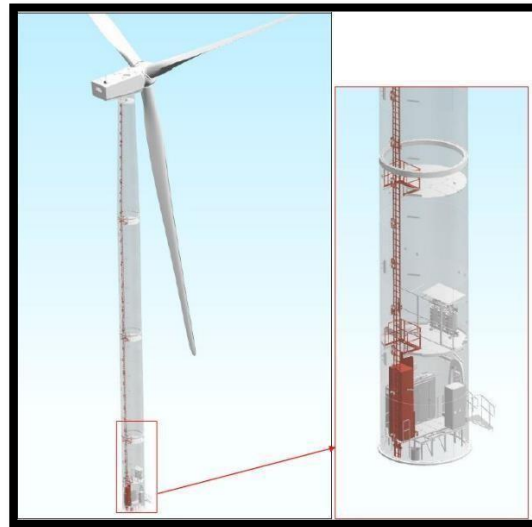


Figura 33: Vista Desde El Interior De La Torre De Acero. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

En el interior, la torre esta provista de plataformas intermedias de modo que se puede acceder a las uniones entre tramos de torre. Como se ve en la figura 34.

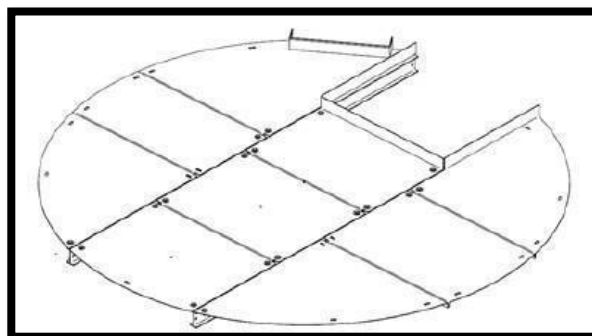


Figura 34: Plataformas Intermedias Dentro De La Torre. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

Por el interior de la torre descenden los cables que conectan las partes superiores de la nacelle con la parte inferior de la torre, tales como cables de potencia, de alimentación de elementos auxiliares, de control.

En la parte superior bajan por el centro de la torre y en la parte inferior se llevan por la pared interior de la torre tal como se observa en la figura 35 y 36.



Figura 35: Interior De Torre I. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

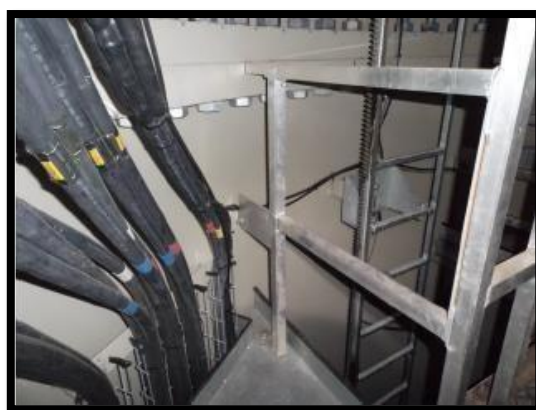


Figura 36: Interior De La Torre II. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

En la base de la torre, se encuentran situados el armario del ground controller y la celda de conexión a red. El transformador auxiliar se encuentra justo encima, como se ve en la figura 37.

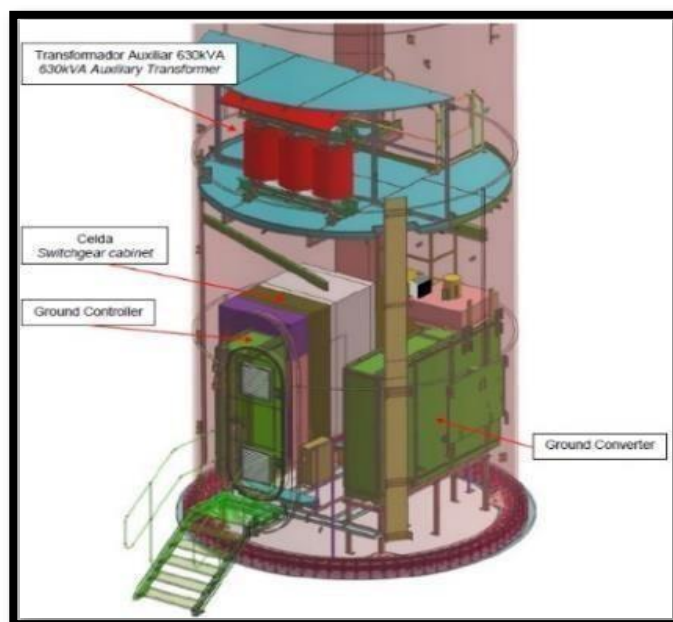


Figura 37: Interior Base De La Torre De Acero. Fuente: Tomado por la página web Acciona Wind Power – descripción del aerogenerador acciona

CELDA INTERIOR IBERICA 12KVA

Las celdas Ibérica, son celdas con aislamiento y corte en SF₆, de ejecución compacta y con unas reducidas dimensiones.

Esta constituida por:

Envolvente metálica de acero inoxidable, estanca y sellada de por vida llena de SF₆

- cubículo de fusibles
- cubículo de mandos
- cubículo de baja tensión.
- cubículo de conexión de cables de línea

A continuación se observa en la siguiente figura 38 la celda ibérica.



Figura 38: Celda Ibérica De 12 Kv En Aerogenerador Acciona. Fuente: Tomado por la página web de industrias ibérica

A.- PRINCIPALES VENTAJAS

Sus principales ventajas son:

- ✓ Alta seguridad en las funciones de maniobra al tener el ensayo de arco interno.
- ✓ Protección contra falsas maniobras mediante sistema de enclavamientos mecánicos.
- ✓ No necesitan mantenimiento de las partes activas al ser el aislamiento en SF₆, lo que genera costes de mantenimiento mínimos.

A continuación se observa en la siguiente figura 39 las partes de la celda ibérica.

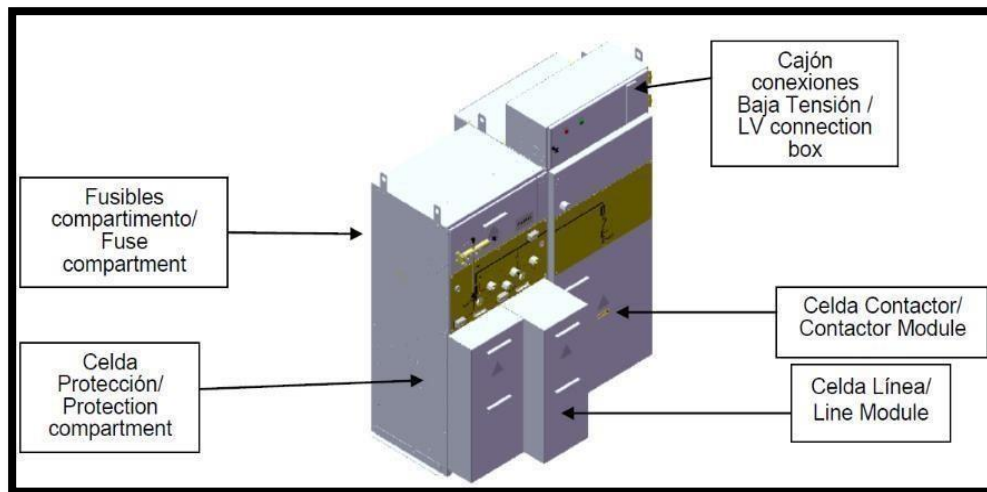


Figura 39: Partes De Celda Ibérica De 12kV. Fuente: Tomado por la página web de industrias ibérica

Convertidor ingeteam (LV400)

También llamado convertidor de frecuencia, este convertidor refrigerado por aire o agua, ha sido diseñada para controlar eficientemente el consumo de energía en todos aquellos sistemas que requieran un importante intercambio de la misma con el menor espacio y mantenimiento posible.

A.- Funcionalidades:

La Función principal del convertidor es sincronizar generador con la red, como la velocidad del viento sufre distintos puntos de variación (picos altos y bajos de viento), la velocidad del rotor no es constante, debido a eso el convertidor alimenta al rotor para que pueda excitar al estator a la misma frecuencia (60 Hz) y Angulo de la red, para que así pueda ingresar a sincronismo.

- ✓ Protección ante caída de tensión de entrada
- ✓ Protección ante huecos de red
- ✓ Realiza el ajuste fino de frecuencia del generador

A continuación se observa en la siguiente figura 40 la cabina del convertidor Ingeteam.

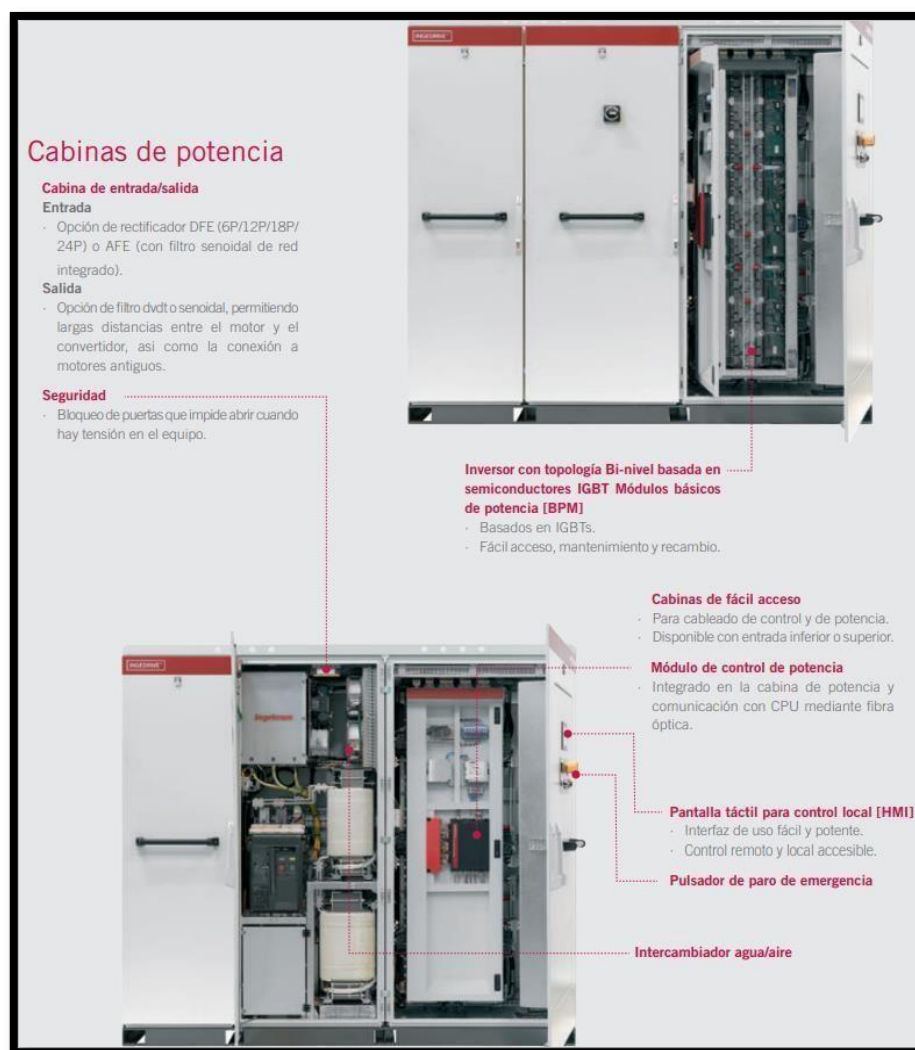


Figura 40: **Cabina Del Convertidor Ingeteam.** Fuente: página web de ingeteam - convertidor de potencia

Contactor 3TM 12KV

Los contactores al vacío 3TM son conmutadores tripolares con accionamiento electromagnético para potencias de maniobra elevadas y un rango de tensión asignada desde 7,2 kV hasta 12 kV. (siemens, 2016)

A.- Campos de Aplicación

Los contactores al vacío 3TM cuentan con un grado de protección IP00 (servicio fijo, protegido contra la intemperie) según EN 60529 y pueden emplearse

- ✓ Con interruptores de potencia y fusibles,
- ✓ Para temperaturas ambiente entre -40 °C y +70 °C,
- ✓ A diferentes alturas entre -1250 m y 5000 m sobre el nivel del mar,
- ✓ Para sacudidas mecánicas fuertes o Para el empleo en zonas sísmicas,
- ✓ En barcos bajo cubierta,
- ✓ En maquinaria para explotaciones a cielo abierto o de minas,
- ✓ En explotaciones ferroviarias en reposo o rodantes.

A continuación se observa en la siguiente figura 41 el contactor 3TM



Figura 41: Modelo De Un Contactor 3TM. Fuente: Tomado por la página web siemens
contactor 3TM

Los contactores de vacío 3TM hacen uso de la conmutación de vacío tecnología, que ha sido probada y completamente desarrollada para más de 40 años. Los interruptores de vacío de Siemens funcionan de manera constante y confiable durante toda su vida útil: sin ningún mantenimiento diseño y función.

Los contactores al vacío 3TM consisten en:

- Una parte de alto voltaje, con interruptores de vacío, cliente conexiones e indicador de posición
- Una parte de bajo voltaje, con actuador y control magnéticos.

Anemómetro

Es una de las partes principales de un aerogenerador, generalmente está situado en la parte superior del nacelle, por la cual es la encargada de medir velocidades y dirección de viento y puede llegar a medir hasta 75 m / s. Su diseño innovador ofrece los más altos niveles de precisión, y posee varios usos en diferentes tipos de aplicaciones, comúnmente se utiliza en aplicaciones meteorológicas. Este sensor de viento es uno de los resistentes ante la corrosión, arena polvo, hielo, radiación solar y ataques de aves, debido a su cuerpo de aluminio anodizado duro. (Ultrasónico, 2016)

Tal como se observa en la siguiente figura 42.



Figura 42: Anemómetro. Fuente: Tomado por la página web tipos de anemómetros para centrales

Modos de operación

Los aerogeneradores AW 3000 tienen tres modos o sub lógicas de operación, que se describen a continuación:

- Modo Automático
- Modo Manual

A.- MODO AUTOMÁTICO

El modo automático es el modo normal de funcionamiento (autónomo) de la turbina. Al reiniciar la máquina en modo automático, la máquina pasa por tres fases:

Ensayo

Pausa (una vez completado el ensayo)

Marcha (cuando las condiciones de viento son propicias)

B.- MODO MANUAL

El modo manual se emplea para realizar pruebas de mantenimiento de la máquina. Trabajando en este modo, el usuario puede manejar manualmente todos los subsistemas de la máquina desde la pantalla táctil del armario ground. No obstante, en este modo, el PLC continúa supervisando por seguridad todas las operaciones.

C.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VELOCIDAD VARIABLE

Si el aerogenerador comúnmente opera con velocidad de rotación variable, la frecuencia eléctrica del generador varía, y por lo tanto puede desacoplarse de la frecuencia fijada por la red. Para esto, se emplea un convertidor de frecuencia o ciclo convertidor compuesto de tres etapas.

En la primera etapa, la corriente alterna de frecuencia variable procedente del generador eléctrico es convertida en corriente continua.

La segunda etapa consiste en un filtrado, que hace que la tercera etapa (inversor) se comporte como una fuente de corriente, en la cual la corriente de salida suaviza mediante una inductancia (bobina) o, en el caso de comportarse como fuente de tensión, las variaciones de la tensión de salida se verán suavizadas mediante unos condensadores en paralelo. El tamaño de la bobina o del condensador determina la efectividad del desacople entre el generador eléctrico y la red. En el caso de utilizar un inversor fuente de corriente.

. A continuación se observa en la siguiente figura 43 el diagrama de bloques con el convertidor de frecuencia.

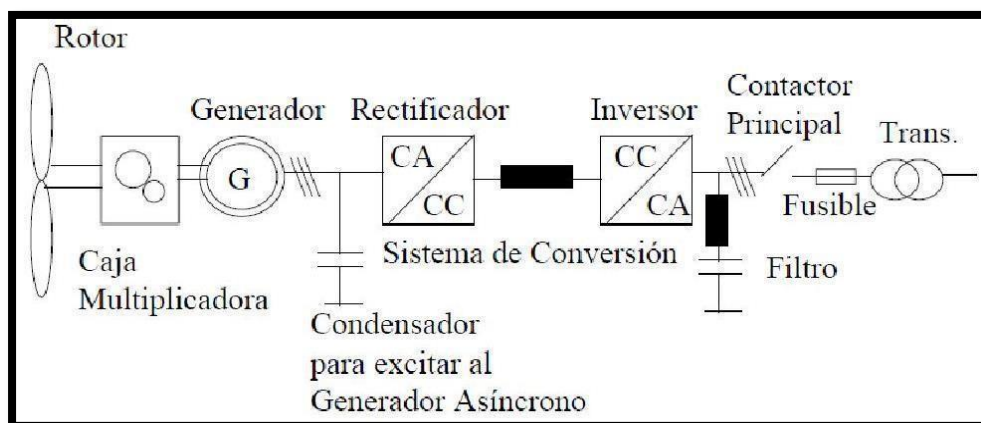


Figura 43: Diagrama De Bloques Con Convertidor De Frecuencia. Fuente: Tomado por la página web diagrama de bloques de un convertidor

Y a su vez también se observa en la siguiente figura 44 el diagrama de circuito del aerogenerador AW3000 de la central Wayra.

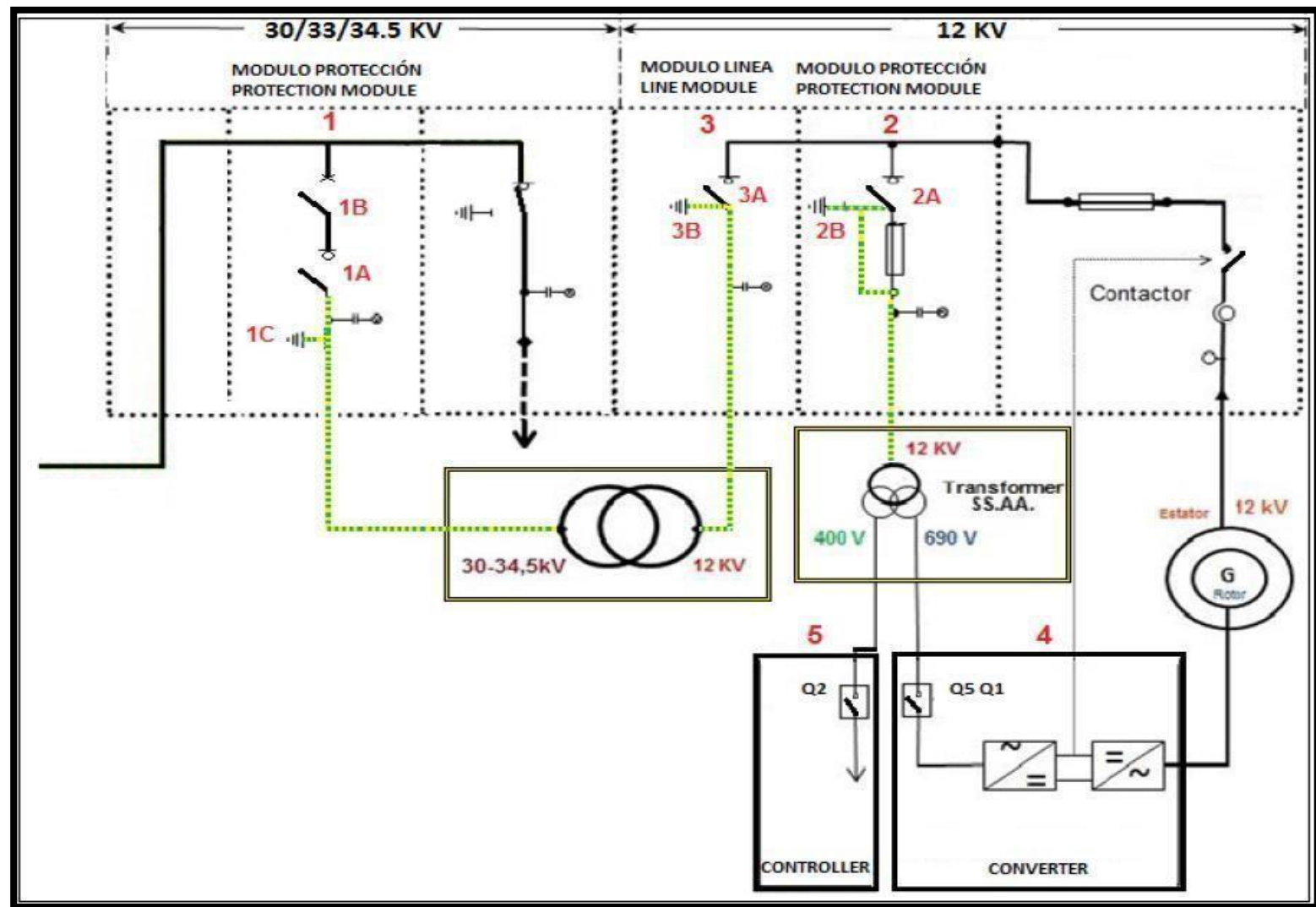


Figura 44: Diagrama Del Circuito Del Aerogenerador AW3000. Fuente: Tomado por la página web circuito del aerogenerador Wayra (Nordex Acciona Wind Power)

Interpretación de estado en scada

El termino SCADA es “Supervisión, Control y Adquisición de Data”.

La interacción hombre-máquina se efectúa a través de monitores que permiten visualizar el estado de todos los componentes del sistema, Para empezar a analizar las interpretaciones, se verifica la pantalla de operación de los parques acciona (AW3000), en este caso del parque eólico Wayra.

A.-Aerogeneradores < 3m/s:

En la siguiente imagen muestra los aerogeneradores acciona aw3000 en estado de condiciones ambientales, quiere decir que los aerogeneradores están fuera de servicio, dado que el promedio en parque del viento es menor a 3.5m/s, como se ve en la figura 45.

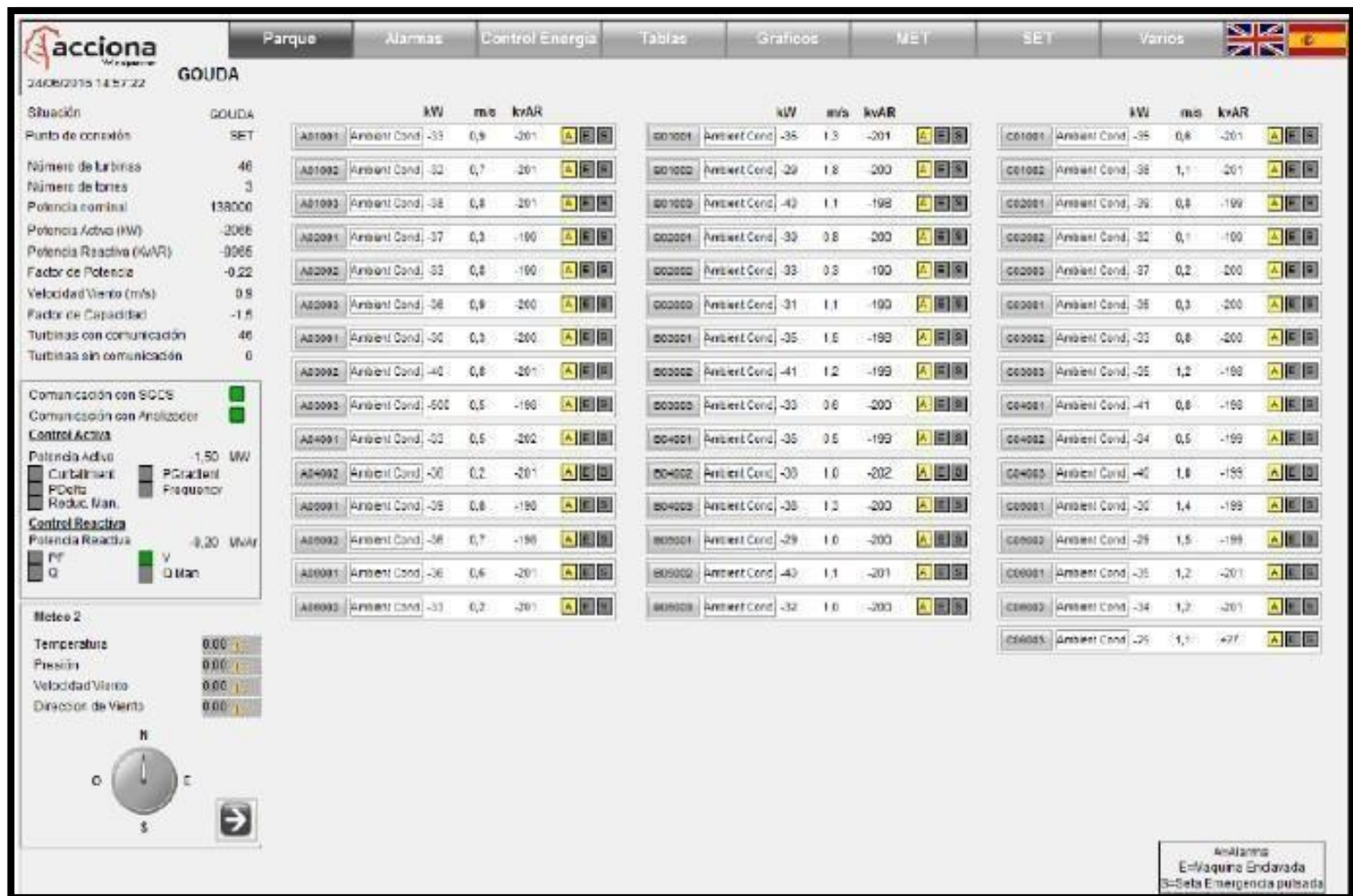


Figura 45: Estado De Condiciones Ambientales (Scada Acciona). Fuente: Pantallazo tomado al scada acciona de centrales de generación eólica

B.- Aerogeneradores >3.5m/s:

En la siguiente imagen muestra los aerogeneradores acciona AW3000 en estado de inicio de RUN, quiere decir que los aerogeneradores por motivos del aumento del viento mayor 3.5/ms está en proceso de READY hasta su sincronización a la red (RUN). Como se ve en la figura 46.



Figura 46: Estado Inicio A Sincronización RUN(Scada Acciona). Fuente: Pantallazo tomado al scada acciona de centrales de generación eólica

Interpretación de estado de alarmas

Las alarmas “detectan cualquier condicional anormal de sus parámetros ya definidos”, la cual, si supera un valor crítico durante un tiempo especificado, puede llegar a sacar fuera de servicio (de sincronismo) y ponerlo en estado de emergencia. Por lo tanto, puede decirse que la alarma detectadas en scada es sensible a cualquier tipo de desequilibrio dentro de sus parámetros ya específicos. (SERVAN, 2019)

Dentro de estas interpretaciones se manifiesta un ejemplo en la siguiente figura 47.

acciona		Parque	Alarmas	Control Energía	Tablas	Graficos	MET	SET	Varios		
CAMERON											
10/11/2016 16:05:04											
	Fecha	Hora	Dispositivo	Estado	Código	Información	Subsistema	Clase	Tipo	Duración	
1	10/11/16	16:05:50	CAMEROA000006	A	3075	AVISO: CCU Limitación térmica rotor (Ingeleam)	Convertidor Potencia	Turbine	Avisos	00:00:00	
2	10/11/16	16:05:22	CAMEROC000016	A	3075	AVISO: CCU Limitación térmica rotor (Ingeleam)	Convertidor Potencia	Turbine	Avisos	00:00:00	
3	10/11/16	16:05:15	CAMEROD000029	A	3075	AVISO: CCU Limitación térmica rotor (Ingeleam)	Convertidor Potencia	Turbine	Avisos	00:00:00	
4	10/11/16	15:45:29	CAMEROD000033	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
5	10/11/16	15:44:02	CAMEROD000033	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
6	10/11/16	15:42:52	CAMEROC000021	A	9016	Cambio de estado: MAINTENANCE	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
7	10/11/16	15:42:46	CAMEROC000021	A	3071	AVISO: Turbina en mantenimiento preventivo	Estados	Turbine	Avisos	00:00:00	
8	10/11/16	15:36:17	CAMEROC000021	A	815	CCU Fallo térmico protección rotor	Convertidor Potencia	Turbine	Alarmas que enclavan	00:00:00	
9	10/11/16	15:36:08	CAMEROC000025	A	3054	Freno aplicado	Grupo Hidraulico	Turbine	Alarmas que enclavan	00:00:00	
10	10/11/16	15:30:59	CAMEROA000006	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
11	10/11/16	15:29:32	CAMEROA000006	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
12	10/11/16	15:28:54	CAMEROA000006	A	4137	AVISO: Fugas de aceite excesivas grupo hco. frenos	Grupo Hidraulico	Turbine	Avisos	00:00:00	
13	10/11/16	15:18:29	CAMEROC000025	A	1843	Señal de emergencia pulsada	Armando Control (Top)	Turbine	Alarmas que enclavan	00:00:00	
14	10/11/16	15:18:28	CAMEROC000025	A	804	CCU Señal de emergencia no OK	Convertidor Potencia	Turbine	Alarmas que enclavan	00:00:00	
15	10/11/16	15:05:54	CAMEROC000025	A	9016	Cambio de estado: MAINTENANCE	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
16	10/11/16	15:05:28	CAMEROC000025	A	3071	AVISO: Turbina en mantenimiento preventivo	Estados	Turbine	Avisos	00:00:00	
17	10/11/16	15:03:21	CAMEROC000019	A	9016	Cambio de estado: MAINTENANCE	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
18	10/11/16	15:03:14	CAMEROC000019	A	3071	AVISO: Turbina en mantenimiento preventivo	Estados	Turbine	Avisos	00:00:00	
19	10/11/16	13:45:14	CAMEROC000020	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
20	10/11/16	13:43:35	CAMEROC000020	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
21	10/11/16	09:53:05	CAMEROD000037	A	3063	AVISO: Baja presión de línea del grupo de pitch	Grupo Hidraulico	Turbine	Avisos	00:00:00	
22	10/11/16	08:43:03	CAMEROC000017	A	4033	Time Out presurización sist hid freno	Grupo Hidraulico	Turbine	Alarmas reseteables en	00:00:00	
23	10/11/16	08:42:10	CAMEROC000017	A	9015	Cambio de estado: MANUAL	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
24	10/11/16	08:35:55	CAMEROC000017	A	1835	AVISO: Turbina en mantenimiento correctivo	Estados	Turbine	Avisos	00:00:00	
25	09/11/16	21:28:31	CAMEROC000023	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
26	09/11/16	21:25:01	CAMEROC000023	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
27	09/11/16	20:50:07	CAMEROG000045	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
28	09/11/16	20:48:40	CAMEROG000045	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
29	09/11/16	19:37:35	CAMEROA000007	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
30	09/11/16	19:30:09	CAMEROA000007	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
31	09/11/16	16:11:34	CAMEROG000053	A	750	Aviso: Alta Temperatura entrada aire intercooler generador	Generador	Turbine	Avisos	00:00:00	
32	09/11/16	05:50:49	CAMEROG000047	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
33	09/11/16	05:48:50	CAMEROG000047	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
34	08/11/16	23:45:22	CAMEROA000002	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
35	08/11/16	23:45:02	CAMEROF000041	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
36	08/11/16	23:44:08	CAMEROA000002	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
37	08/11/16	23:42:55	CAMEROB000011	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
38	08/11/16	23:42:26	CAMEROF000041	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
39	08/11/16	23:40:32	CAMEROA000004	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
40	08/11/16	23:40:06	CAMEROB000011	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
41	08/11/16	23:40:01	CAMEROG000046	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
42	08/11/16	23:39:52	CAMEROD000031	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
43	08/11/16	23:39:21	CAMEROB000010	A	9013	Cambio de estado: RUN	SCADA	SCADA/EVENT	SCADA Events	00:00:00	
44	08/11/16	23:37:27	CAMEROA000004	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
45	08/11/16	23:37:11	CAMEROG000046	A	4127	AVISO: Activo modo control de potencia-frecuencia	SGCS	Turbine	Avisos	00:00:00	
Listo Pendiente: 148 Pendiente de acuse: 0 Oculto: 0 Lista: 148 16:06:05											

Figura 47 Control De Alarma (Fallas) Del Scada. Fuente: Pantallazo tomado al scada acciona de centrales de generación eólica

De las cuales se puede interpretar que dicha scada está conformada por datos como son fecha y hora de ocurrida la alarma, el dispositivo (número de maquina), estado A (que significa alarma), código de alarma, información del aviso de la alarma, a que sub sistema pertenece, clase que pertenece (turbina o scada), el tipo de aviso y la duración.

Además, las parte sombreadas de amarilla son avisos de ocurrencia de fallas de cada máquina, lo cual esos avisos que se dan, nos avisan de ciertos límites de tiempo para realizar la intervención de máquina.

La parte sombreada de morado nos indica que la maquina está en uno de los tres estados (RUM, MANTENIMIENTO, MANUAL). Y la parte sombreada de rojo nos indica que la maquina realizo una parada por emergencia, debido a condiciones que afectan su estado.

ANEXO: REGISTRO DE CONTROL SI SE APLICA LA EN CASO DEDAÑO AL CONTACTOR

Para poder realizar el descarte de en caso fallase el contactar se aplica este registro. Tal como se observa en la siguiente figura 48.

Parque / Windfarm:	Turbina / WTG:	Fecha / Date:
Técnicos / Technicians:		
Modelo de contactor / Contactor model:	1VCD400122 ☐	1VCD400141 ☐
Modelo de MAC / MAC model:	MAC R1 ☐	MAC R2 ☐
Alarmas en la turbina en el momento del fallo / Alarms at WTG at the time of failure:	Alarmas en la subestación en el momento del fallo / Alarms at substation at the time of failure:	
Datos en el momento del fallo / Data at the time of failure:	Cuando se produce el fallo/ When the incident happens:	
- Sobretensión de red / Grid overvoltage ☐ - Hueco de tensión / Grid voltage dip ☐ - Tormenta / Storm ☐ - Acoplamiento o desacoplamiento a red/ During the grid connection or disconnection ☐ - En la conexión del convertidor / During the converter connection ☐ - Otros / Others:	- Operación normal / While normal working ☐ - Después de algún retrofit / After a rework ☐ - Puesta en marcha / While the commissioning ☐ - En pruebas / While doing some tests ☐ - Preventivo – Correctivo / While maintenance ☐ - Otros / Others:	

Figura 48 Registro De Control Del Contactor 3TM. Fuente: Tomado por la página web
siemens contactor 3TM

En el siguiente cuadro 49 se muestra el circuito de alimentación inicial del contactor K4 al contactor 3TM, a su vez se visualiza los posibles puntos de revisión en caso de una falla.



Figura 49 Circuito De Alimentación Inicial Del Convertidor Hacia El Contactor De 12k. Fuente: Pantallazo tomado al cuadro de alimentación al contactor 3TM(revista Ibérica)

3.5 PROCEDIMIENTO

PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS DEL FALLO DEL CONTACTOR DE POTENCIA 3TM Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

3.5.1 Resetear la orden de falla

Desde el SCADA o pantalla HMI desde el mismo Aerogenerador se accede a actividades OyM número de máquina/Mantenimiento/historial de alarma/ Resetear la orden de apertura pulsando el botón correspondiente

Una vez realizada el reset de la alarma enclavada, en algunos casos la alarma de fallo desaparece, y se procede a dar marcha.

En otros casos una vez dada la orden de marcha, la maquina vuelve a entrar a enclavamiento con el mismo fallo.

3.5.2 Verificación de posible falla del funcionamiento del contactor de 12KV

Para verificar la correcta operación del contactor, se realiza varias secuencias de conexión/desconexión del aerogenerador a la red dando órdenes de PAUSA Y MARCHA. Esta operación se podrá realizar de dos maneras:

Manipulando la pantalla HMI desde el exterior de la torre, conectando la misma con cables de alimentación y Ethernet de 5 m de longitud.

Desde SCADA LOCAL o REMOTO.

Al realizar las pruebas de pausa y marcha, y se siguen presentado anomalías (falla del conexionado del contactor estator), se debe de realizar la extracción para verificaren taller posibles puntos de falla.

Una vez realizada la extracción de contactor estando en taller se procederá a realizarlos siguiente:

Verificar si el contactor no obedece las órdenes de apertura y cierre, en caso sigue persistiendo será necesario sustituir la tarjeta electrónica MAC y si es necesario repetir las pruebas.

Si la tarjeta Mac se encuentra en buen estado, verificar el accionamiento de las bobinas inyectando 220 V AC a la tarjeta para que rectifique a 400V DC, y pueda realizar las pruebas de apertura y cierre de las bobinas (verificando que no se queden enclavadas). A continuación se observa en la siguiente figura 50 y 51 la ubicación del contactor, así como la vista de la parte interior de la celda del contactor respectivamente.



Figura 50: Ubicación De La Celda Del Contactor. Fuente: Tomado por la página web celdas ingeteam



Figura 51: Ubicación Interior De La Celda. Fuente: Tomado por la página web celdas ingeteam

3.5.3 Verificación del funcionamiento de la tarjeta en el contactor 3TM

La tarjeta o mando electrónico gestiona el suministro de energía controlado del accionamiento magnético en la maniobra de cierre. La corriente de cierre se regula a un valor de consigna. Tras un cierto tiempo.

La tarjeta Mac permite también la configuración de retardos de cierre y de apertura adicionales.

La tarjeta MAC posee las siguientes conexiones:

la tensión de mando A1/A2, así como independientemente de ello,

la tensión de alimentación para el desengatillamiento magnético E1/E2 (opcional).

Tal como se observa en la siguiente figura 52.

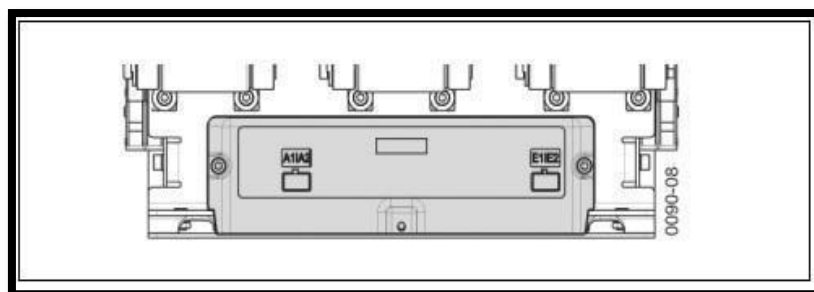


Figura 52: Conexiones A1/A2 Y Opcionalmente E1/E2 Del Mando Electrónico Fuente: Tomado por la página web siemens contactor 3TM

Al retiro del punto de funcionamiento del contactor 3TM, se verifica el estado de la tarjeta electrónica MAC en busca de elementos quemados, switches mal configurados o cables sueltos o flojos sustituirla si fuera necesario.

Una de las fallas también que se pueden presentar son los conectores para A1/A2 y E1/E2 pueden perder fijación si se extraen con demasiada frecuencia. Si se va a instalar un contactor 3 TM nuevo, solamente deberán emplearse los conectores nuevos.

Para poder realizar el descarte de en caso fallase la tarjeta se aplica este registro, tal como se observa en la siguiente figura 53.

Parque / Windfarm:		Turbina / WTG:		Fecha / Date:	
Técnicos / Technicians:					
Estado de la tarjeta electrónica / Electronic device status:			En el parque es habitual / In the windfarm is usual:		
• Electrónica quemada /Electronics burned ☐ • Conectores dañados / Connectors damaged ☐ • Cables sueltos / Cables loosed ☐ • Otros / Others: ☐			• Sobre tensiones de red / Grid overvoltages ☐ • Huecos de tensión / Grid voltage dips ☐ • Tormentas / Storms ☐ • Red débil / Weak grid ☐ • Otros / Others: ☐		
Estado del contactor en el momento de la sustitución / Contactor status at the time of replacement:			Abierto / Open ☐ Cerrado / Closed ☐ Posición intermedia / Intermediate position ☐		

Figura 53: Registro De Control De La Tarjeta Mac. Fuente: Tomado por la página web siemens contactor 3TM

Comúnmente los cables empleados para el circuito son cables largos, y en ciertas condiciones es posible que se produzcan fallos al realizar maniobras de cierre o apertura. para ello se utiliza lo siguiente:

la longitud de cable sencilla máxima admisible por la cual se utiliza la siguiente fórmula.

donde:

- l_{zul} es la longitud de cable sencilla máxima admisible us tensión de mando asignada en v
- r_{sl} resistencia óhmica por cada conductor y km de la línea de mando en Ω/km usl caída de tensión en la línea de mando en %
- s_{ein} , p_{ein} potencia de cierre del contactor en va/w
- $\cos\phi$ factor de potencia de la bobina del contactor al cerrar

con corriente continua	$l_{zul} = \frac{5 \cdot U_s^2 \cdot u_{sl}}{R_{sl} \cdot P_{ein}} \quad (\text{en m})$
con corriente alterna	$l_{zul} = \frac{5 \cdot U_s^2 \cdot u_{sl}}{R_{sl} \cdot S_{ein} \cdot \cos\phi} \quad (\text{en m})$

Donde la figura 54 se observa el tendido y fijación óptima de los cables según la formula anterior.

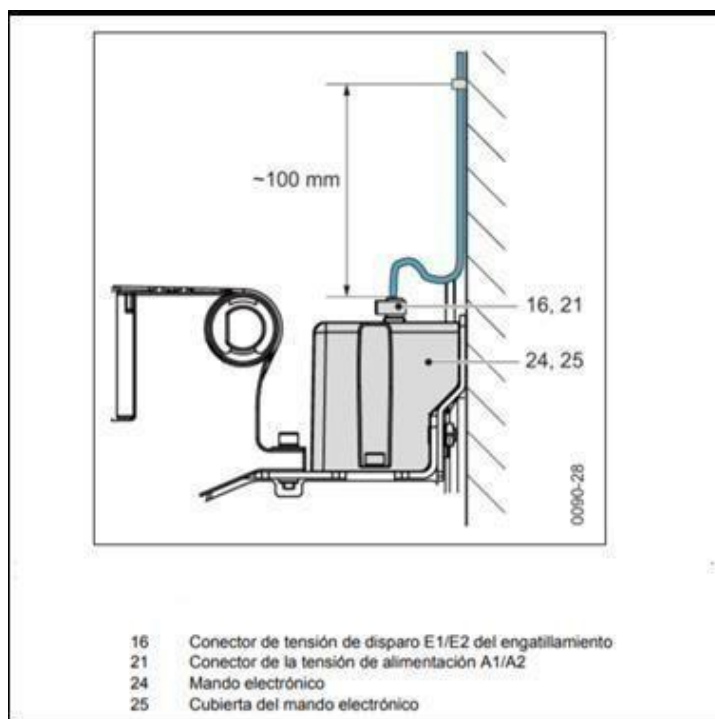


Figura 54: Tendido Y Fijación Óptima De Los Cables De La Tarjeta Mac. Fuente: Tomado por la página web siemens contactor 3TM

Se ha encontrado casos de la mala conexión del cableado de baja tensión en el armario de maniobra (contactos auxiliares), por la cual no garantiza la operación segura de acuerdo al esquema de conexiones suministrado.

Una vez realizada la sustitución del contactor y tarjeta, se debe de realizar las comprobaciones a la hora de instalación

El eje del dispositivo de apertura de emergencia queda perfectamente engranado con el mando de apertura mecánica del contactor.

La pletina del eje actuador debe de quedar con el par indicado por el fabricante

Los contactos auxiliares deben de quedar correctamente instalados.

Que el eje principal quede completamente concéntrico con el casquillo de bronce de la caja de engranajes. En esta posición se verificará que el eje puede ser girado levemente con la mano.

Al realizar el cambio de CONTACTOR 3TM Y TARJETA MAC, la falla continuó

persistiendo nuevamente, se verifica los siguientes elementos en los siguientes puntos.

3.5.4 Verificación de alguna mala conexión de contactos auxiliares en el contactor 3TM

Los interruptores auxiliares están montados lateralmente en la caja del accionamiento y no están cableados. El cableado se efectúa a la hora de instalación con los bornes de rosca. Tal como se muestra en la figura 55.



Figura 55: Ubicación Del Contacto Auxiliar. Fuente: Fotografía propia tomado en la central Wayra

Se ha encontrado casos de la mala conexión de la palanca de mando del contacto auxiliar (cavidad de palanca de mando) por la cual, si estos contactos son instalados mal, el contactor no funcionará bien.

Se verifico la conexión del contacto auxiliar dentro del contactor 3TM, siguiendo el procedimiento de a continuación.

Pasos: Instalar la placa de contactos auxiliares (izquierda y derecha). Asegurarse que la palanca (45) encaja en la base (44). Según se observa en la figura 56.

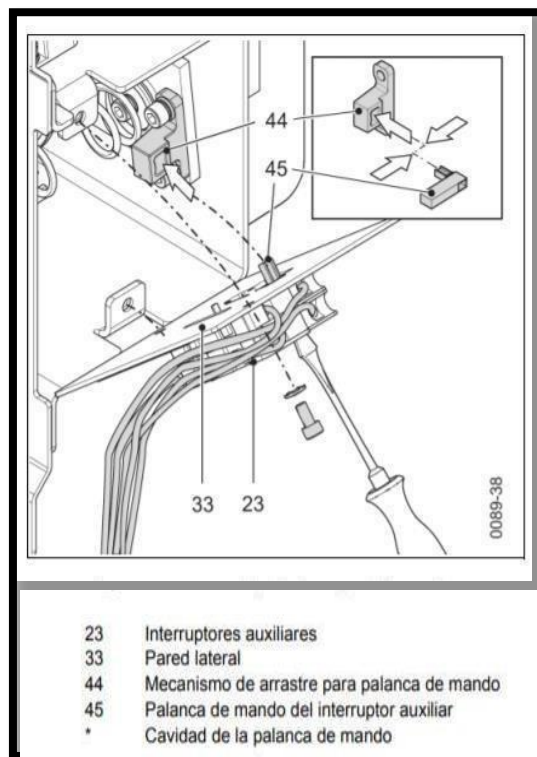


Figura 56: **Montaje De La Pared Lateral.** Fuente: Tomado por la página web siemens contactor 3TM

3.5.5 Posible mala señal de alimentación a la tarjeta del Contactor 3TM

Para la alimentación de contactor, el convertidor es el encargado de mandar la señal para la energización del contactor. En situaciones cuando hay poca cantidad de viento y al iniciar la marcha de aerogenerador, se da primero el giro de las palas, produciendo energía mecánica a través de la multiplicadora al generador y este a su vez energía eléctrica, y antes de llegar a los 900 RPM el generador produce tensión de 12KV a diferente frecuencia, por la cual el convertidor alimenta al rotor inyectando tensión para inducir un campo magnético al estator y llegar a tener una frecuencia casi igual al de la red y poder entrar en

sincronismo.

Una vez que este la frecuencia del generador está casi igual con la red, el convertidor manda la señal de alimentación de 220 VAC al contactor K4 y este contactor mande alimentación a la tarjeta del contactor 3TM y este a su vez realice la rectificación de 220VAC a 400VDC para que así pueda realizar el cierre del circuito a través de las bobinas e inyectar tensión del generador a la red, tal como se observa en la figura 57.

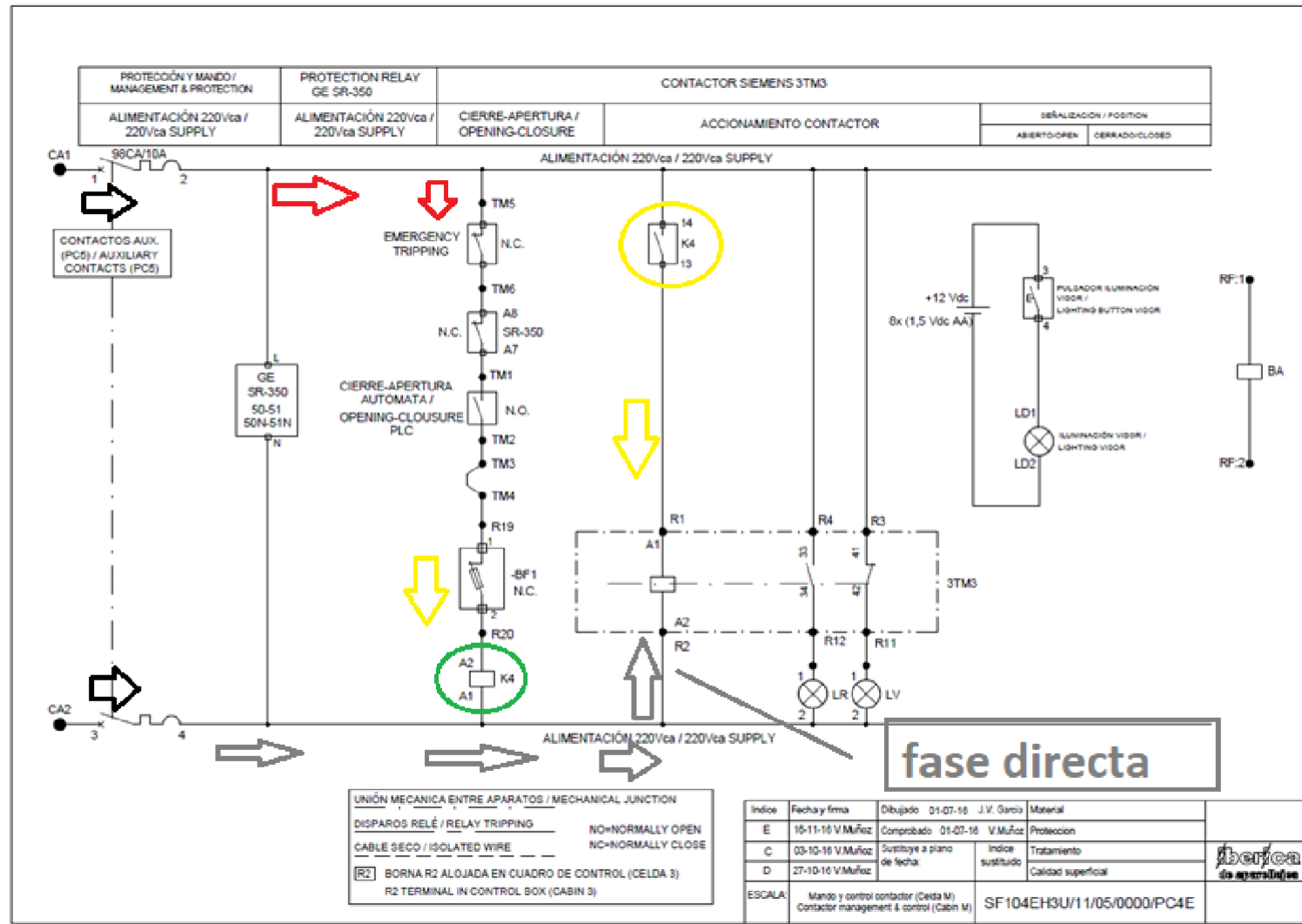


Figura 57: Ingreso De Tensión Del Convertidor A Una De Las Fases Del Contactor 3TM. Fuente: Pantallazo tomado al cuadro de alimentación al contactor 3TM(revista Ibérica)

En la figura también se observa que una de las fases del contactor 3TM en el punto(R2) esta directa, y este esquema de alimentación se realizó en el proyecto de construcción.

3.5.6 Medición del tiempo de apertura y Cierre del contactor fuera de la celda

Se realizó la medición del tiempo de apertura y cierre del contactor el aerogenerador que poseía más fallas para la comprobación teniendo los siguientes datos:

Aerogenerador Wtg 16 $T_{close} = 50 \text{ ms}$, $T_{open} = 41 \text{ ms}$ Tiempos normales:
 $T_{close} = 46 \text{ ms} \pm 10 \text{ ms}$ $T_{open} = 35 \text{ ms} \pm 10 \text{ ms}$

Corriente medida típica. AC:230V = 75mA, en la figura 58 se observa la medición de la apertura y cierre del contactor.

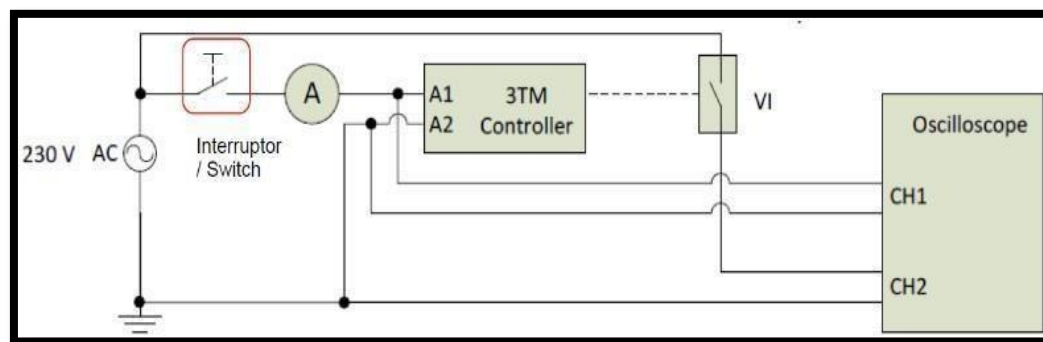


Figura 58: **Medición Del Tiempo De Apertura Y Cierre Del Contactor.** Fuente: Pantallazo tomado a la alimentación al contactor 3TM - siemens

3.6 RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD:

3.6.1 Reconocimiento de la falla

Debido a innumerables búsquedas de solución, se llegó a la conclusión que la fase que esta directa desde el punto de alimentación del convertidor que llega hacia el punto R2, está en un constante campo eléctrico, debido que a su alrededor existen cable, barra de cobre de 12KV y este genera una interferencia debido a este campo.

La cual ese es motivo por el cual la maquinas sufrían constantes salidas de emergencia, que en un principio no se detectó.

Cómo se observa en la figura 59 la Barra de cobre de 12kv produciendo campo eléctrico en el circuito y en la figura 60 Imagen fotográfica de la Barra de cobre de 12kv produciendo campo eléctrico.

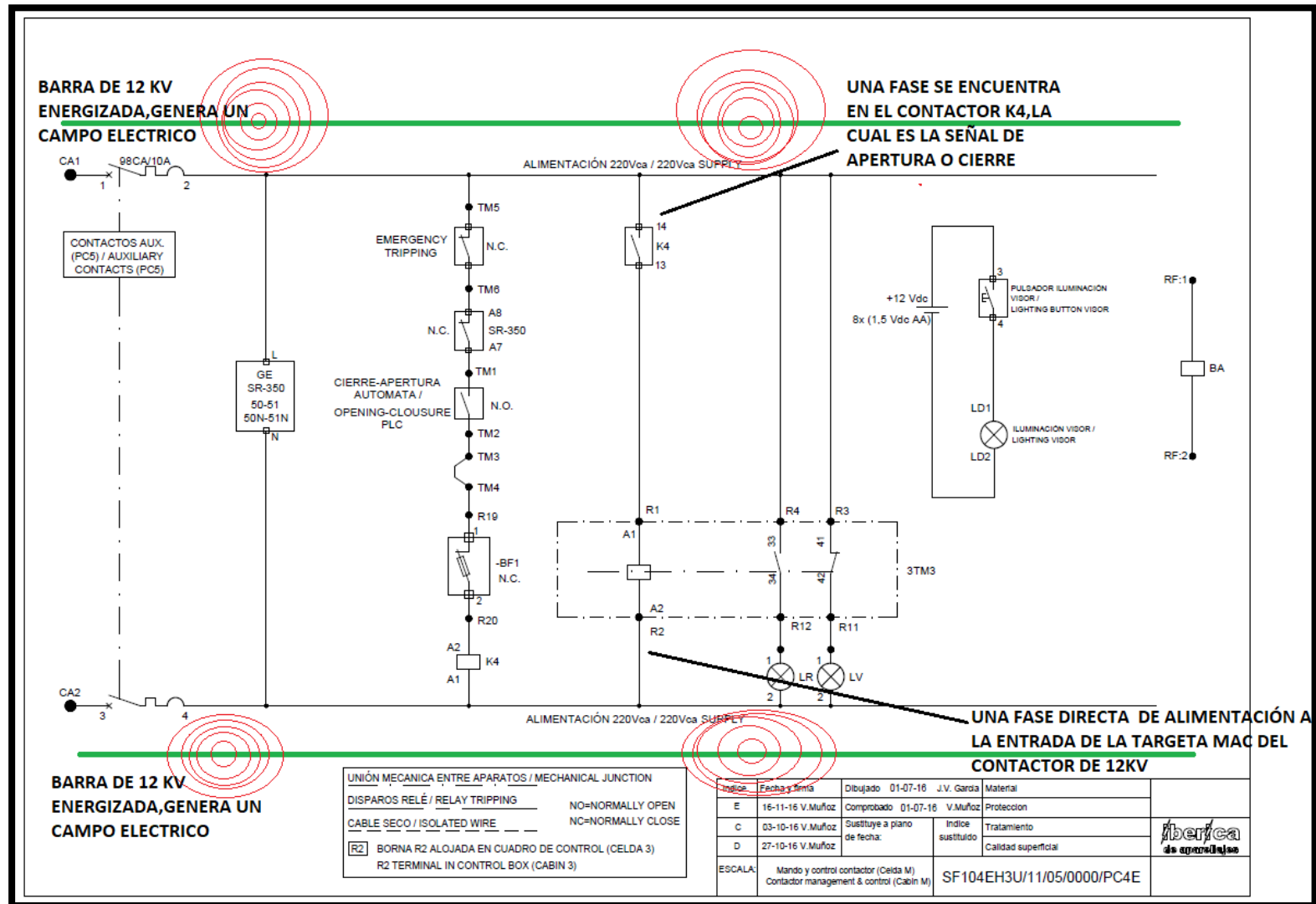


Figura 59: Barra De Cobre De 12kv Produciendo Campo Eléctrico En El Circuito. Fuente: Pantallazo tomado al cuadro de alimentación al contactor 3TM(revista Ibérica)



Figura 60: Barra De Cobre De 12kv Produciendo Campo Eléctrico. Fuente: Fotografía propia tomado en la central Wayra

3.6.2 Resultado de la actividad

POSIBLE CASO 1

El proceso de aislar el campo eléctrico, consiste en dos formas, la primera es alejar la tarjeta de control, en un punto más alejado tal que no le pueda afectar el campo magnético producido por la barra de cobre de 12KV al momento de darse el sincronismo, por la cual el caso mencionado no aplicaría debido a que el contador de 12 KV ya tiene un punto fijo de posición y de funcionamiento.

POSIBLE CASO 2

El otro caso que se puede determinar, según el análisis de mi grupo de trabajo

es colocar un contactor en la fase directa de alimentación al contactor 12KV, tal que no le pueda afectar, el campo eléctrico, y pueda ingresar la tensión simultáneamente y en ambos extremos de alimentación a la TARJETA MAC, tal como se muestra en el grafico 61.

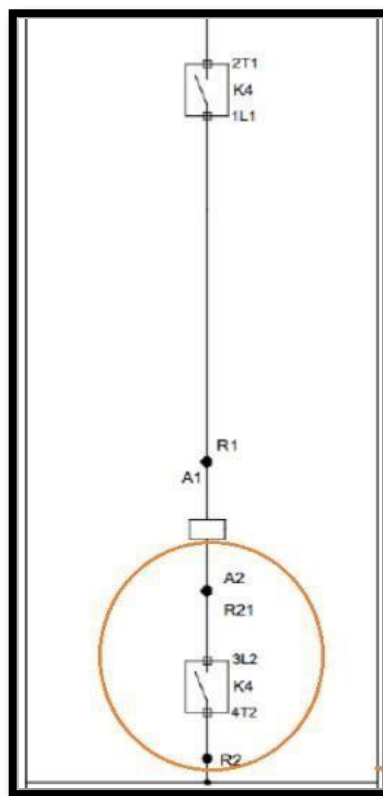


Figura 61: Instalación De Un Contactor En La Fase Directa De Alimentación A Tarjeta Mac del Contactor 3TM. Fuente: Pantallazo tomado al cuadro de alimentación al contactor 3TM(revista Ibérica)

3.6.3 Solución “Nueva Conexión en el Contactor k4” para la alimentación al Contactor 12kv

Se tomó como prueba, verificar el comportamiento del contactor cuando se le conecte un contactor, en la fase directa de alimentación a la tarjeta MAC del

contactor de 12KV, por la cual se realizó los siguientes pasos e imágenes, según su conexionado.

CONEXIONADO PASO 1

Primeramente, se ubica contactor K4 que se encuentra en el interior de la celda del estator. Tal como se observa en la figura 62.



Figura 62: Ubicación Del Contactor K4 En La Celda Del Estator. Fuente: Fotografía propia tomado en la central Wayra

CONEXIONADO PASO 2

En el siguiente paso, dado que en su principio el contactor 12KV está conectado una de las fases en forma directa, y la otra fase está unida mediante el contactor auxiliar K4, la cual al estar con la misma frecuencia procedía a cerrar el contacto auxiliar k4.

En esta nueva conexión, se cambiará el conexionado del contactor K4 auxiliar(control) al contactor K4 principal(fuerza), en una de las fases que alimenta a la tarjeta MAC del contactor 3TM, como se observa en la siguiente imagen 63 y 64.

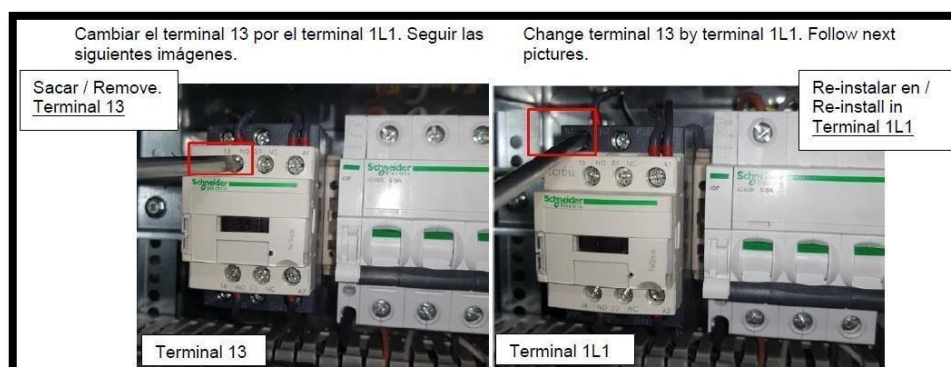


Figura 63: (Terminal 13 Auxiliar Por El Terminal 1 Principal) En El Contactor K4. Fuente: Fotografía propia tomado en la central Wayra

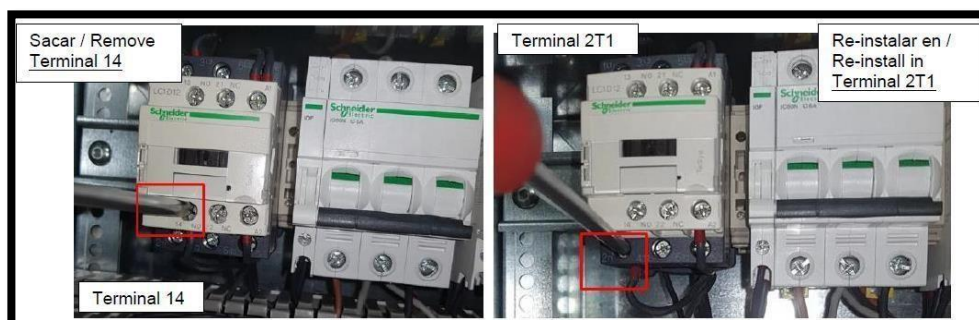


Figura 64: (Terminal 14 Auxiliar Por El Terminal 2T1 Principal) En El Contactor K4. Fuente: Fotografía propia tomado en la central Wayra

A continuación, se observa en la siguiente figura 65 el Antes y Después del cambio de terminales en el contactor K4.

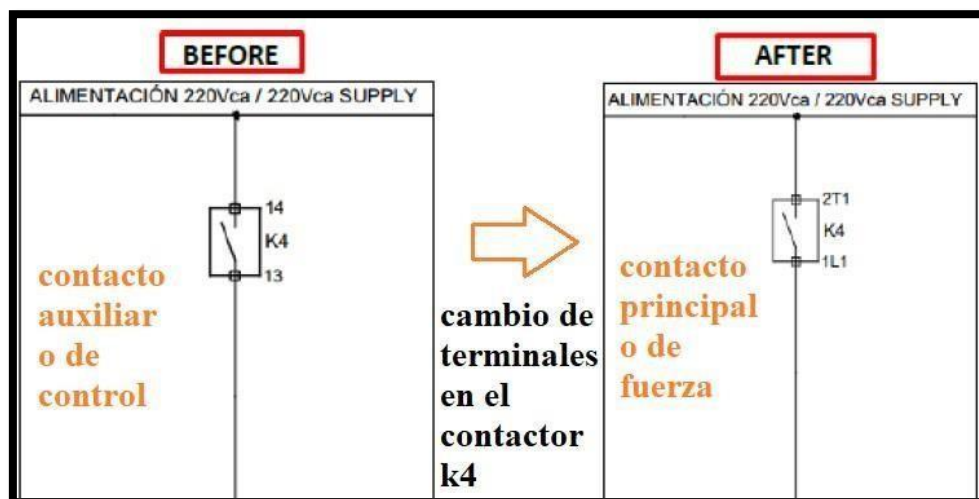


Figura 65: Antes Y Después Del Cambio De Terminales En El Contactor K4. Fuente: Pantallazo propia tomado en la central Wayra

CONEXIONADO PASO 3

Para aislar la fase directa se colocará en el contactor K4 unas borneras, tal que la salida y entrada sea a través de este contactor principal(fuerza) K4.

Conectar el extremo del cable a "K4-3L2" como indica en su etiqueta. Es el terminal "3L2" del contactor K4 según la imagen 66.



Figura 66 **Conexión Del Cable "K4-3L2"**. Fuente: Fotografía propia tomado en la central Wayra

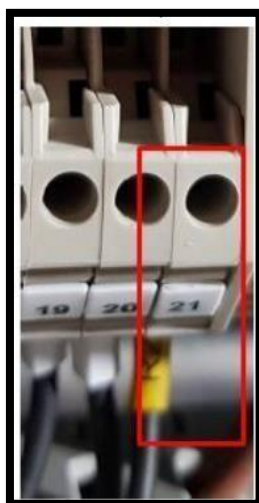


Figura 67: **Conexión Del Terminal R21 A Su Bornero.** Fuente: Fotografía propia tomado en la central Wayra

Conectar este terminal "R21" en el bornero, en la posición "21". tal como se muestra en la figura 67 anterior.

Conectar el cable suministrado en las siguientes posiciones indicadas en sus etiquetas. Terminal "4T2" del contactor K4 con la posición "R2" del bornero, según se observa en la siguiente figura 68.

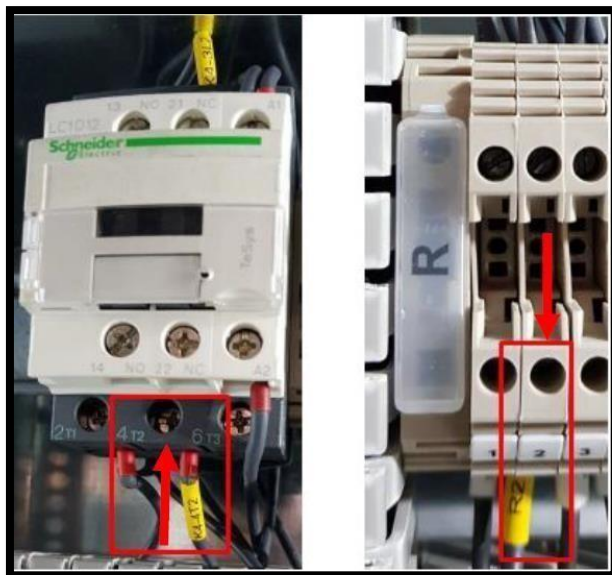


Figura 68: Terminal “4T2” Del Contactor K4 Con La Posición “R2”. Fuente: Fotografía propia tomado en la central Wayra

Una vez realizada el cambio de terminales (contacto auxiliar por el contactor principal y el cambio en el recorrido de la fase directa por la inclusión del contactor principal en esa fase dio como resultado el siguiente esquema (figura 69) tal como se observa.

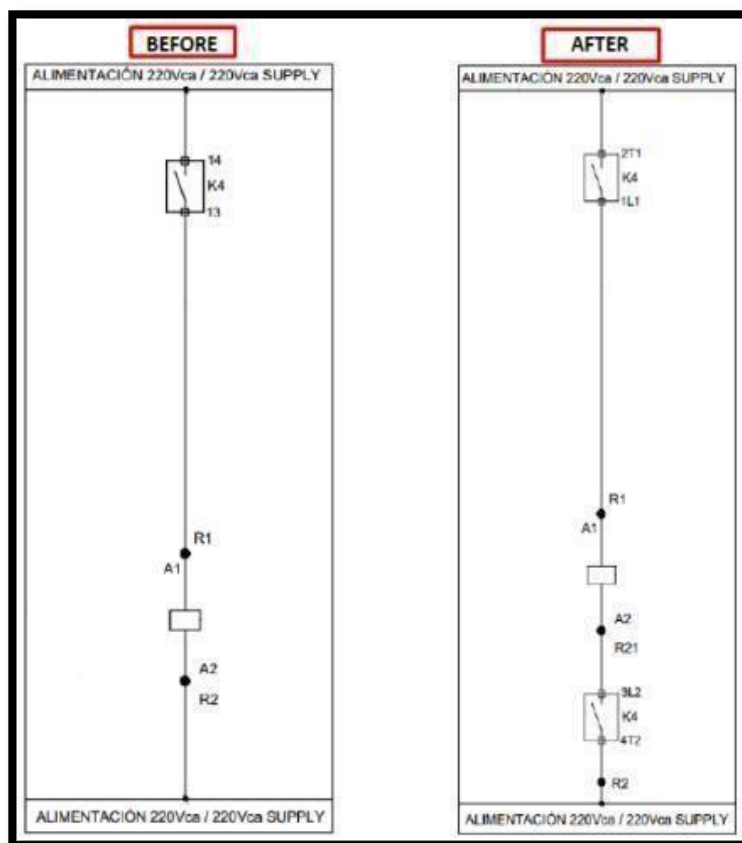


Figura 69: Configuración Del Antes Y Después Del Circuito De Alimentación Al Contactor K4. Fuente: Pantallazo propia tomado en la central Wayra

Y por tanto el circuito final de alimentación quedo de la siguiente manera, como se observa en la figura 70.

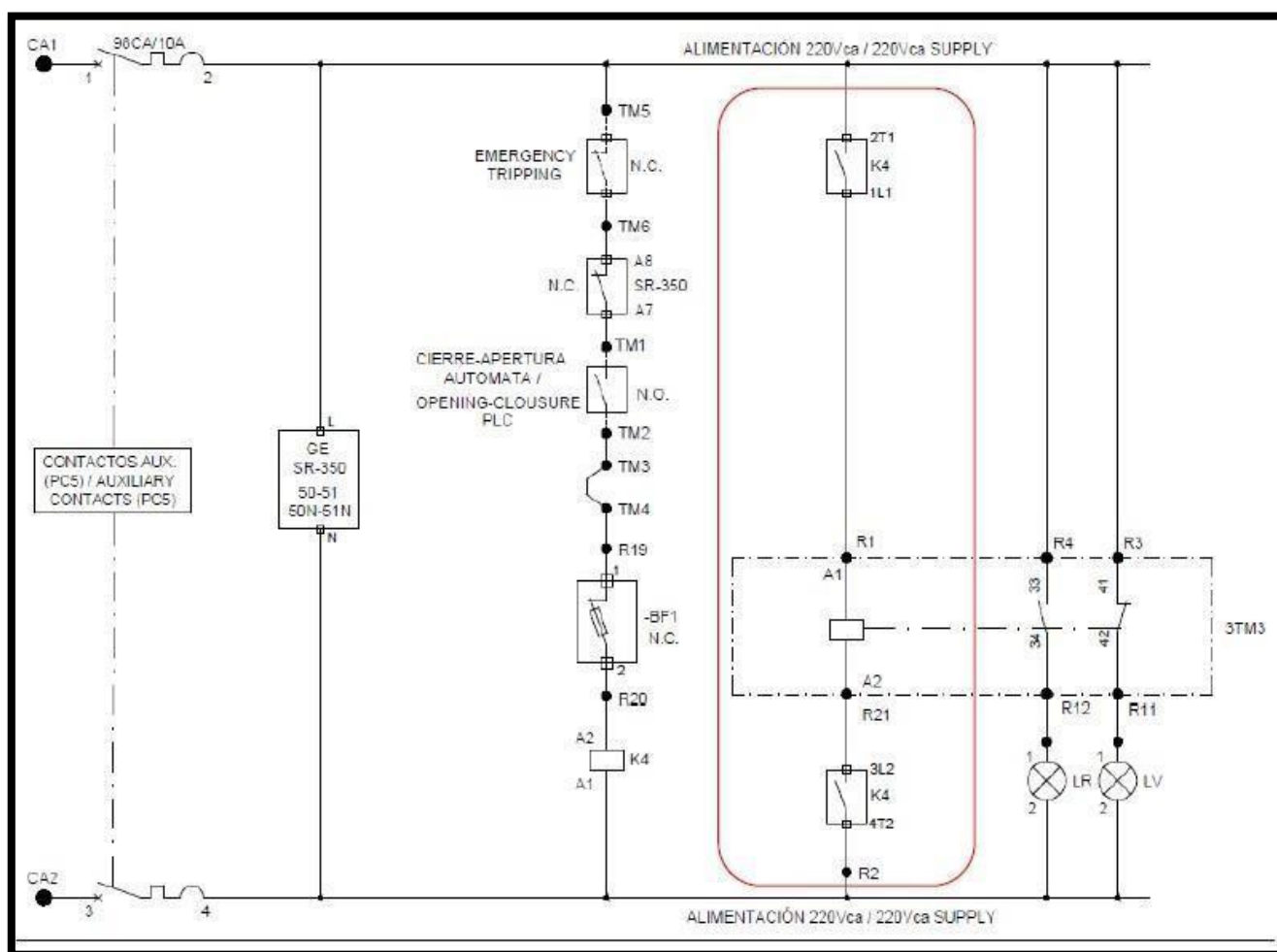


FIGURA 70: Plano Del Circuito Final Para La Alimentación Del Contactor 3T. Fuente: Pantallazo tomado al cuadro de alimentación al contactor 3TM(revista Ibérica)

Una vez que se realizó la configuración del nuevo circuito, se realizó las pruebas a las maquinas aerogeneradores, estando en el proceso de continua monitorización.

Se monitoreó 1 semana después de realizar la configuración en el circuito de alimentación del contactor 3TM, una vez monitoreada, se realiza la configuración a todos los aerogeneradores acciona, quedando en óptimas condiciones.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

4. 1 Justificación

Las constante fallas de un aerogenerador que entro en sus primeras horas de servicio, es una de las causas de la restricción y atraso en la sincronización en la red. La innovación de un sistema que minimice posibles fallas en la sincronización de la red, a su vez esta tecnología puede seguir siendo además una nueva línea de estudio para posibles tesis e investigadores en el futuro es por ello que tomo como tema de sustento profesional.

4.2 Metodología Aplicada

La metodología aplicada para resolver el problema acontecido en la central eólica Wayra es la reducción de salidas intempestivas de un aerogenerador(potencia) a la red.

4.3 Descripción de la Implementación

La implementación dada en la nueva conexión ayudo a brindar energía completa de la central eólica wayra a la red, ya no teniendo salidas intempestivas de los aerogeneradores acciona, esto ayudo a hacer más estables los aerogeneradores brindando más horas de energía, a su vez esta implementación sirvió para un modelo a futuros parques en construcción en toda Latinoamérica con este modelo de contactor 3TM.

4.4 Conclusiones

Respecto a los objetivos trazados en el presente estudio se determinó lo siguiente: Enel diagnóstico realizado a las posibles problemáticas - fallas en todos los aerogeneradores acciona AW3000, se llegó a determinar y encontrar la falla común “CCU falla de conexionado contactor estator” siendo este en un principio para los operadores de central, una dificultad en volver a reestablecer la maquina a sincronismo con la red.

Se realizó pruebas a todos los componentes involucrados en dicha falla, básicamente al contactor 3TM, que intervienen en el desarrollo de la solución. Teniendo en cuenta el pronóstico de bajo viento. Que también se observaron algunas deficiencias después de la ejecución de proyecto de montaje de los aerogeneradores que, en su principio, no era muy notorio hasta después de su puesta en marcha.

Una vez que la frecuencia del generador estaba en casi el mismo rango de la red, el convertidor daba la orden del cierre del contactor de 12kV para que pueda entrar en sincronismo el generador. Al momento de enviar la señal de alimentación(220AC) a la tarjeta MAC del contactor de 12KV y pueda rectificar

esta señal a (400DC) y proceder a cerrar las bobinas del contactor de 12KV, se determinó que debido a las barras con tensión de 12KV(tensión de retorno de la subestación cuando el aerogenerador no está produciendo potencia) producían un campo eléctrico (el cual provocaba perturbaciones y una falsa señal de ingreso a la tarjeta MAC de alimentación del contactor 12KV.)ya que una de sus fases se encontraba en alimentación directa a la tarjeta MAC del contactor de 12KV, la cual esta fase directa era constantemente interferida, por esta barra.

Debido a este problema acontecido, realizó el cambio en la fase de alimentación de la tarjeta MAC, este cambio se realizó a uno de los aerogeneradores como prueba, colocando primero el conexionado del contacto auxiliar al contacto principal del contactor K4 a la fase que viene por este circuito, y a la fase directa se realizó el conexionado por el contacto principal(fuerza) del contactor K4.

Una vez realizada este cambio de conexionado que su principio no se detectó. Se puso en modo de prueba al aerogenerador en una semana, para ver las incidencias

que puedan ocurrir en dicho tiempo. Terminada el modo de prueba, conjuntamente con el visto bueno del aérea de ingeniería, se realizó un instructivo de cambio de conexionado en K4 para todos los aerogeneradores que tienen como contacto principal el contactor 3TM(siemens) de 12 KV.

Este cambio se realizó y aun no se tiene problema relacionado a esta falla en parque eólico Wayra.

CAPITULO V

RECOMENDACIONES

Cada vez que obtenga fallas recurrentes, que tiene por nombre “CCU fallo de conexión contactor estator” (fallos que tenían en su principio, salida de dos aerogeneradores diarios en promedio fuera de servicio), debido a la experiencia de este trabajo se recomienda reemplazar todo el conexionado que se realizó en el proyecto de construcción de los aerogeneradores (fase montaje) que tienen relación con el contactor principal (contactor 3TM de 12KV) al conexionado estudiado en este informe, para evitar interferencias que puedan ocasionar salidas repentinas de sincronismo del aerogenerador.

También se recomienda que cuando se presenten vientos de baja velocidad menor a 3.5m/s y no permiten la operación adecuada de los aerogeneradores, se aprovecha para realizar el cambio de conexionado, a su vez se aprovecha las paradas de aerogeneradores por mantenimiento preventivo o correctivo para también realizar el cambio de conexionado según lo estudiado en este informe. Los cambios de conexionado que se han realizado en Perú, también se han efectuado en otros países tal como se muestra en la relación. Estos son los parques eólicos que se han dado la orden del cambio de conexionado:

- Ventos de Bahía (Brasil)
- Magic Valley/Bruening Breeze (USA)
- Red Dirt (USA)
- La Castellana (Argentina)
- Achiras (Argentina)
- El cortijo (México)