UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM Tesis Técnico Universitario de Acceso Abierto

2018

ESTUDIO Y EVALUACION DEL PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO EN CEMENTOS BÍO BÍO

GAJARDO FONSECA, MOISES PATRICIO

http://hdl.handle.net/11673/41024

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

ESTUDIO Y EVALUACION DEL PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO EN CEMENTOS BÍO BÍO

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en Automatización y Control.

Alumno:

Moisés Gajardo Fonseca

Profesor Guía:
Mauricio Vera Ambiado

2018

RESUMEN

En el presente trabajo se tratarán diversos asuntos referidos a los electrofiltros, teniendo en cuenta principios de funcionamiento, sus características principales, factores que se pueden ver relacionados y deberán tener en cuenta para la correcta aplicación, como también la instrumentación asociada a estos. Así poder estudiarla con mayor profundidad, de manera tal, de lograr una clara interpretación del importante papel que desarrollan en la disminución de las partículas emanadas en algunos procesos industriales.

El estudio se basará en el precipitador instalado de Cementos Biobío(CBB), se realizará el enfoque de éste hacia su sistema control situado en el lado de alta tensión(transformador/rectificador).

Del estudio se puede distinguir que pese a que CBB posee un buen sistema de control, sin embargo, el avance tecnológico brinda hoy en día alternativas que ofrecen mejores prestaciones, las que serán tratadas en este escrito.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 9
1.1 INTRODUCCIÓN 3
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 4
1.3 OBJETIVOS 4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL: 4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
1.4 ALCANCE 4

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 5
2.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES 7
2.2 DESCRIPCION DEL FENOMENO FISICO 8
2.3 PRECIPITADORES DENTRO DE LA FABRICACIÓN DE CEMENTO 9
2.4 ASPECTOS FÍSICOS DEL PRECIPITADOR 11
2.4 NORMAS 16
2.4.1 FUNDAMENTO PARA EL CÁLCULO DE LOS PRECIPITADORES ELECTROESTÁTICOS. 18

CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL ASOCIADOS AL PRECIPITADOR EN CBB 21
3.1 INSTRUMENTACION EN LOS FILTROS 23
3.1.1 GRUPO TRANSFORMADOR-RECTIFICADOR 23
3.1.3 UNIDAD CONTROLADORA (MICROPROCESADOR) 27
3.1.3.1 ALIMENTACION DE ALTA TENSIÓN 28
3.1.3.1.1 ESTRATEGIA BÁSICA DE CONTROL DE LA ALIMENTACIÓN A.T 30
3.1.3.2 REGULACION EMCS 31

CAPÍTULO 4: SISTEMA DE ALIMENTACION “SIR” EN ARAUCO S.A. 35
4.1 SISTEMA DE ALIMENTACION “SIR” (SWITCHED INTEGRATED RECTIFIER). 37
4.2 VENTAJAS, RESUMEN Y CONCLUSIONES. 40

CAPÍTULO 5: MEJORA PARA EL PRECIPITADOR EN CBB 43
5.1 PIACS DC 4 45
5.1.1 UN SISTEMA MULTIFÁSICO. 46
5.1.2 CONTROL DE ALTA TENSIÓN 46
5.1.3 LA TECNOLOGÍA PIACS DC 4 47
5.2 SISTEMA DE PULSO COROMAX 48
5.2.1 ¿CÓMO FUNCIONA? 48
5.2.2 BENEFICIOS CLAVES DE COROMAX 49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2: Procesos de ionización de partículas 7
Ilustración 3: Partes principales de un filtro electrostático 9
Ilustración 4: Proceso de ionización y precipitación de partículas 11
Ilustración 5: Representación esquemática de los componentes eléctricos. 12
Ilustración 6: interior del filtro 13
Ilustración 7: Sistema de golpeadores.....15
Ilustración 8: Tolvas de descarga 15
Ilustración 9: DGPT 2.....23
Ilustración 10: Llenado del Transformador.....24
Ilustración 11: Desprendimiento de Gases 25
Ilustración 12: Presión en la cuba 26
Ilustración 13: Diagrama de temperaturas.....27
Ilustración 14: Montaje en terreno de PIACS DC 28
Ilustración 15: Diagrama de bloques de la alimentación de A.T. 29
Ilustración 16: Regulación de corriente durante el funcionamiento 30
Ilustración 17: Implementación de la regulación EMCS en el filtro de 3 secciones 32
Ilustración 18: Regulación del límite de corriente en función de la extensión media.....32
Ilustración 19: Ejemplo de regulación EMCS 33
Ilustración 20:implementación EMCS.....34
Ilustración 21 Esquema del sistema SIR y su circuito eléctrico simplificado 37
Ilustración 22: Tensión rectificada suministrada al electrofiltro por un sistema de alimentación convencional y por un sistema SIR.....38
Ilustración 23: Forma de los impulsos en un sistema convencional y en un sistema SIR.....39
Ilustración 24: Pulsaciones de corriente en un sistema convencional y en un sistema SIR 40
Ilustración 25: Panel remoto DC 4 45
Ilustración 26: Pantalla táctil de 15,6 pulgadas 48
Ilustración 27: Forma de onda de voltaje aplicada al FILTRO (energización de pulso).....49
Ilustración 28: Componentes claves para el nuevo PIACS 50
Ilustración 28: Componentes claves para el nuevo PIACS .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 28: Componentes claves para el nuevo PIACS .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 28: Componentes claves para el nuevo PIACS .....**¡Error! Marcador no definido.**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ejemplo de recolección de un sistema de electrofiltros de 3 campos..... 14
Tabla 2: Efectos de las micro partículas 17
Tabla 3: Tabla resumen y comparación entre “KM1” y “SIR” 41
Tabla 4: Tipos de conjuntos T/R 46

SIGLAS

CBB	:	Cementos Bío Bío
SIR	:	Switched integrated rectifier
DGPT 2	:	Desprendimiento de gases, presión y temperatura con 2 umbrales
PIACS	:	Precipitator integrated automatic control system for DC HV supplies
A.T.	:	Alta tensión
D.C/C.C	:	Corriente continua
A.C/C.A	:	Corriente alterna
T/R	:	Transformador/rectificador
NO2	:	Dióxido de nitrógeno
SO2	:	Dióxido de azufre
PWM	:	Ancho de pulso
N.A.	:	Normalmente abierto
N.C.	:	Normalmente cerrado
IGBT	:	insulated gate bipolar transistor
ABB	:	Asea Brown Boveri
V	:	volts
A	:	Amper
W	:	Watt
Hz	:	Hertz
MP2,5	:	micropartículas de 2,5 micrones
MP10	:	Micropartículas de 10 micrones

SIMBOLOGÍA

Cm	:	Centímetros
mm	:	milímetros
kg	:	kilogramos
E	:	Intensidad del campo eléctrico en el lugar de la partícula
μ	:	micrones
εo	:	permitividad eléctrica del material
W	:	velocidad de migración
A	:	superficie colectora efectiva del precipitador
V	:	flujo de gas a través del precipitador
e	:	base del logaritmo natural
w	:	velocidad de migración
°C	:	grados Celsius

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El control de la emisión de partículas en los procesos industriales ha sido un problema al que se ha dado más importancia en la última parte del siglo XX. Frederick cottrell se hizo famoso en el desarrollo de la tecnología electrostática estando en uso desde principios de 1900. Dentro de las primeras instalaciones exitosas recolectaba vapor de ácido sulfúrico. Posteriormente cuando los boiler de carbón pulverizado fueron más populares, el diseño de los precipitadores continuó mejorando y se volvió más importante en la recolección de ceniza debido a su alta eficiencia de recolección. El diseño que conocemos hoy se estableció al finalizar los años 20.

En Cementos Bio-Bio planta Teno (a partir de ahora lo nombraremos CBB) actualmente trabaja con el filtro electrostático marca "FLSmiljo", más la unidad de control "PIACSDC". Considerando que el concepto de eficiencia a nivel industrial es primordial dentro de una empresa es donde se busca mejorar la productividad de estos filtros teniendo en cuenta además que detrás de todo esto existen fiscalizadores pendientes de que se cumplan normas correspondientes a los estatutos impuestos por el ministerio de salud en Chile.

En CBB PIACS DC incorpora un EMCS (Energy management Control System) cuyo objetivo es controlar el consumo de energía del filtro con el objeto de mantener una determinada emisión de polvo.

La instrumentación juega un rol fundamental en estos procesos industriales, monitoreando temperaturas de aceites y devanados, gases disueltos y humedad del aceite, nivel del aceite, entre otras.

El presente trabajo considera el estudio de la instrumentación asociada a este filtro y una comparación de sus puntos más críticos con respecto al filtro instalado en la empresa ARAUCO S.A. Planta Nueva Aldea, teniendo en cuenta los principios de funcionamiento y por supuesto los equipos que hacen la diferencia entre uno y otro permitiendo así que estos sean más eficaces en su productividad.

Considerando que en Arauco S.A. poseen tecnología de última generación, éstos llevan la clara ventaja al momento de compararlos y es aquí donde se explicará detalladamente las diferencias que hacen esto posible.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la Planta de CBB en Teno cuenta con un filtro electrostático, del cual se evaluará instrumentación instalada, esto con el fin de compararlo con el precipitador instalado en Planta ARAUCO S.A., que es de una generación más actual. Además, se considera una propuesta para mejorar su sistema de control, el cual posee algunas deficiencias.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

- Llevar a cabo un estudio del filtro electrostático instalado en Planta Cementos Biobío, con tal de proponer alternativas tecnológicas que cubran las posibles falencias detectadas al sistema de control en alta tensión con esto se ayudará a mejorar la eficiencia de todo el sistema.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descripción de funcionamiento del filtro.
- Descripción de componentes principales y sus problemas más comunes.
- Levantamiento de la instrumentación actual en el filtro, considerando el sistema de control para el análisis de eficiencia.
- Evaluación comparativa entre ambos controladores (ARAUCO V/S CBB)
- Propuesta de alternativas que cubran las posibles deficiencias detectadas al sistema de control.

1.4 ALCANCE

- El trabajo considera el estudio de los transformadores y rectificadores trifásicos (basados en electrónica de potencia avanzada, que ofrece un control mejorado), las redes industriales que utilizan estos equipos para el control y transferencia de información de las variables del proceso, el análisis de las principales variables que maneja el precipitador electrostático, junto con la alternativa ofrecida en el mercado.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

¿Qué es un precipitador electrostático?, el proceso de precipitación estática consiste en tres pasos fundamentales:

- Carga de partículas o Ionización
- Recolección de partículas
- Desalojo de material recolectado

Los precipitadores electrostáticos son dispositivos utilizados para el control de partículas basado en fuerzas eléctricas. Un alto voltaje desde los 45.000 a 70.000 volt es aplicado a un alambre ubicado en el centro del precipitador. La pared externa del precipitador se conecta a tierra a potencial cero. Al alambre en el centro del precipitador se lo denomina electrodo de descarga y a la pared externa electrodo recolector.
El principio esencial en un precipitador es la **ionización de las partículas**.

Carga de partículas o Ionización:
Básicamente es el fenómeno que ocurre dentro de un filtro, cuando partículas son cargadas negativamente gracias a los electrodos de descarga en el centro de éste. Estas partículas son atraídas a los electrodos de recolección (cargadas positivamente), gracias al campo eléctrico dentro del filtro.

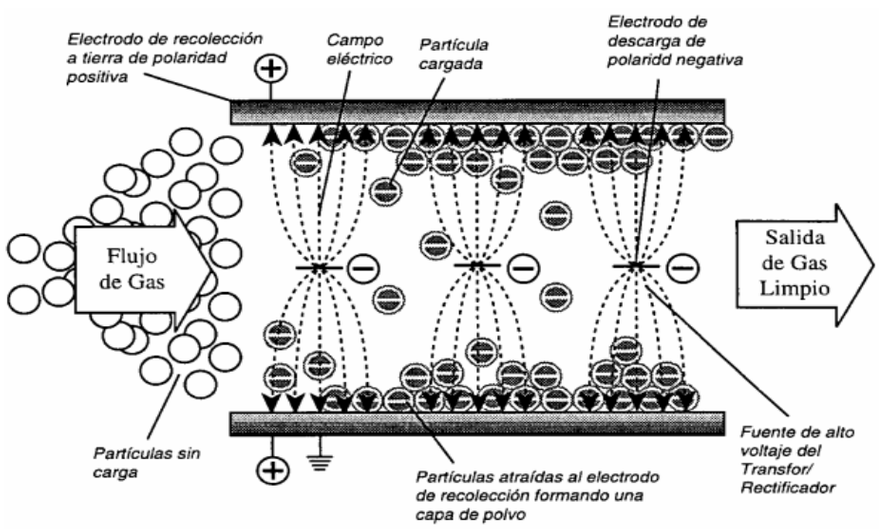


Ilustración 1: Procesos de ionización de partículas

Recolección de partículas

- Electrodos de descarga: es el componente que genera la descarga de corona en el precipitador. Son cables delgados que no superan los 0,13 a 0,38 cm de diámetro y que están cargados negativamente
- Electrodos de recolección: cargados de manera positiva respecto a los electrodos de descarga, son placas encargadas de recolectar partículas que gracias al campo eléctrico son atraídas a ésta formando una capa de polvo.

Desalojo de material recolectado:

- Las Tolvas se usan para guardar temporalmente el polvo recolectado antes de desalojarlo. Generalmente están diseñadas con una inclinación de 60° para permitir la caída libre del polvo de la parte superior de la tolva a la apertura de descarga. Los aparatos de descarga se consideran como parte del sistema de la tolva, necesarios para vaciar la tolva.

2.2 DESCRIPCION DEL FENOMENO FISICO

Un precipitador electrostático es un dispositivo utilizado para el control de partículas basado en fuerzas eléctricas. Un alto voltaje (45.000 a 70.000 V) es aplicado a un alambre ubicado en el centro del precipitador. La pared externa del precipitador se conecta a tierra a potencial cero. Al alambre en el centro del precipitador se lo denomina electrodo de descarga y a la pared externa electrodo colector. El electrodo de descarga mantiene un potencial negativo respecto del electrodo colector y así el campo eléctrico está dirigido hacia el alambre. El campo eléctrico cerca del alambre alcanza valores suficientemente altos como para provocar una corona de descarga en torno a él y la formación de electrones e iones negativos como por ejemplo los del O2. A medida que los electrones y los iones negativos son acelerados hacia el electrodo colector por las líneas del campo eléctrico no uniforme las partículas que se encuentran suspendidas en la corriente de gas ingresante, que fluye horizontalmente y paralelo a las placas verticales, se cargan por las colisiones y la captura de iones y llegan a depositarse en la superficie de los electrodos colectores. De este modo el gas sale del precipitador prácticamente libre de impurezas. Puesto que las partículas mayores de 10 μ de diámetro absorben varias veces más iones que las menores de 1 μ de diámetro, las fuerzas eléctricas son mucho más fuertes en las partículas mayores. El hecho de impartir una polaridad negativa a los electrodos se debe a que una corona negativa tolera un voltaje más alto antes de producir chispa a que una corona positiva. Debido al espacio libre

necesario en la parte superior del precipitador electrostático una fracción del gas se desvía alrededor de las zonas de carga. A este fenómeno se lo llama “fuga furtiva” e impone un límite máximo a la eficiencia de recolección. A medida que las partículas comienzan a depositarse sobre la superficie colectora, el espesor de la capa de material particulado se incrementa. Como consecuencia de esto el campo eléctrico va disminuyendo por lo que es necesario golpear periódicamente las superficies colectoras, el material cae y se recoge en el fondo, en tolvas de recolección. Sin este golpe periódico y la consecuente disminución en la recolección, la eficiencia del precipitador electrostático se ve disminuida. Todo lo dicho anteriormente puede visualizarse en la siguiente figura:

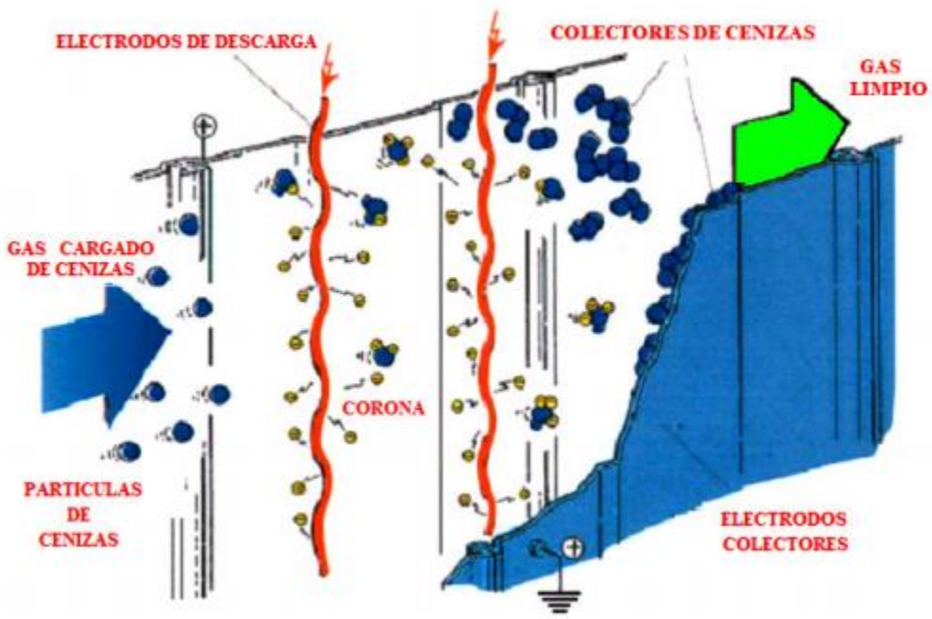


Ilustración 2: Partes principales de un filtro electrostático

2.3 PRECIPITADORES DENTRO DE LA FABRICACIÓN DE CEMENTO

Para poder estudiar el papel que cumplen los filtros en una empresa de fabricación de cemento debemos conocer el proceso que se lleva a cabo para que los filtros sean una necesidad para el cumplimiento de normas que rigen sobre estas empresas.

En la fabricación del cemento se distinguen dos etapas bien diferenciadas: la fabricación de CLINKER (proceso intermedio del cemento) y la molienda de cemento. En ambas etapas las filtraciones de los gases expulsados son delicadamente monitoreados para así

no pasar a llevar alguna norma que pueda traer problemas para la empresa y obviamente daños importantes hacia el medio ambiente. Todo este proceso se realiza en forma automatizada.

Siguiendo con el proceso la materia prima al pasar por los molinos se conoce como “crudo”, éste es dirigido a un separador permitiendo que el material que aún no ha logrado la finura especificada (12% retenido en malla de 90 micrones), regrese a la mesa horizontal del molino para continuar su molienda.

El material ya fino es conducido por la corriente de gases hasta dos ciclones, donde se separa el material sólido de la corriente de gases. El material más fino que no logra ser separado en los ciclones, sigue por los ductos hasta un filtro electrostático que lo capta, antes de liberar los gases a la atmósfera. Un tornillo transporta este polvo recuperado hacia el mismo silo de almacenamiento. Para permitir esta circulación, existen ventiladores ubicados después de los ciclones y también después del filtro, conectados a los ductos de gases. Los puntos de traspaso de Crudo y el polvo están conectados a filtros de mangas para evitar su escape a la atmósfera, siendo reinyectados al proceso.

Por su parte, los filtros electrostáticos se basan en la propiedad de que las partículas son atraídas por campos eléctricos. El gas pasa por canales entre placas cargadas eléctricamente, captando en ellas el polvo y dejando pasar el aire limpio hacia el exterior.

Un sistema de agitación mecánica a ciertos intervalos permite soltar el polvo de las placas, cayendo a una tolva y de ahí a los transportadores.
Estos equipos tienen eficiencias por sobre el 95% y han sido ampliamente probados y utilizados en todo el mundo.

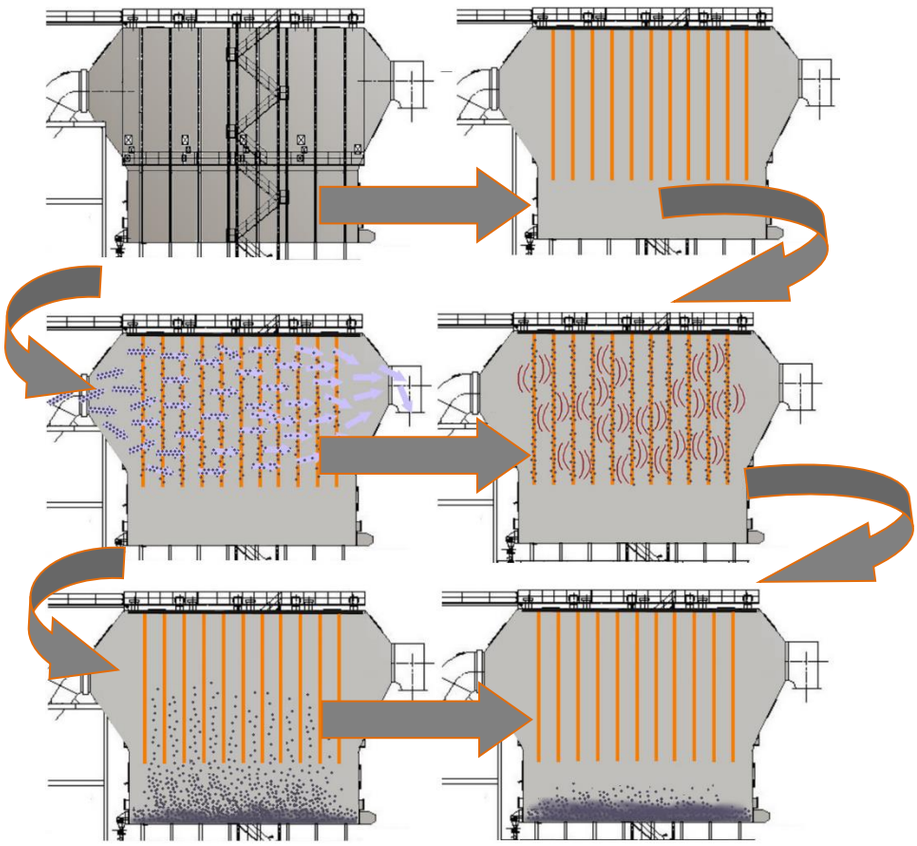


Ilustración 3: Proceso de ionización y precipitación de partículas

2.4 ASPECTOS FÍSICOS DEL PRECIPITADOR

Puede considerarse que los filtros consisten en tres partes principales:

- La Fuente de Poder.
- El Precipitador.
- El Sistema de Eliminación del Material Recolectado.

La Fuente de Poder

Ya que el filtro efectúa su trabajo por medio de fuerzas eléctricas, existe un transformador y rectificador de alto voltaje para cada área específica del precipitador. La capacidad de cada conjunto T-R (abreviatura para transformador-rectificador) está definida por la superficie del filtro que será energizada por ese conjunto, como también por la ubicación de esa área dentro de la disposición física del precipitador. Por ejemplo, es normal en un sistema bien diseñado encontrar conjuntos T-R de mayor capacidad en los campos de salida que en los de entrada de un precipitador. La placa de identificación del conjunto T-R contiene información apropiada respecto a los límites de su capacidad. Estos límites se fijan para la protección del equipo y los voltajes y amperajes que se

observan durante la operación normalmente no llegan a los niveles de capacidad especificados. Las consolas de control, donde se ubican los instrumentos de panel y los circuitos de control automático de voltaje, forman la otra parte de la fuente de poder. Los instrumentos de panel constituyen el lenguaje de éste al indicar como se relaciona el voltaje a la corriente y otras relaciones. Algunos puntos claves:

- La corriente y el voltaje de CA en el lado de bajo voltaje (primario) del conjunto T-R refleja lo que sucede en el lado de alto voltaje (secundario). Esta relación directa puede usarse para la mayor parte del trabajo de análisis. Es solamente necesario juzgar el comportamiento de precipitador por medio de una lectura de voltaje y de corriente.

Los valores de voltaje y de corriente deben estar siempre relacionados a que, si hay o no una falla eléctrica interna, o chispa, se detecta por un movimiento rápido de la aguja del medidor. Un pequeño número de movimientos rápidos de la aguja por minuto es generalmente satisfactorio y, en algunos casos, necesario para lograr un comportamiento de recolección satisfactorio. El transformador y el rectificador de alto voltaje están ubicados dentro de un estanque lleno con aceite, ubicado en la parte superior del precipitador. La salida del rectificador, a potencial negativo, constituye la fuente de alto voltaje pulsante. La carga eléctrica cruza el espacio interno del filtro hacia el lado de tierra del sistema. La corriente de tierra de retorno pasa a través del amperímetro de corriente continua (CC), mostrado como MA, y este flujo de electrones regresa al rectificador para completar el circuito eléctrico. Los medidores de voltaje y amperaje de corriente alterna de baja se indican como V y A respectivamente. El voltaje del precipitador se mide a veces por medio de un voltímetro de corriente continua que recibe una señal de la salida del rectificador.

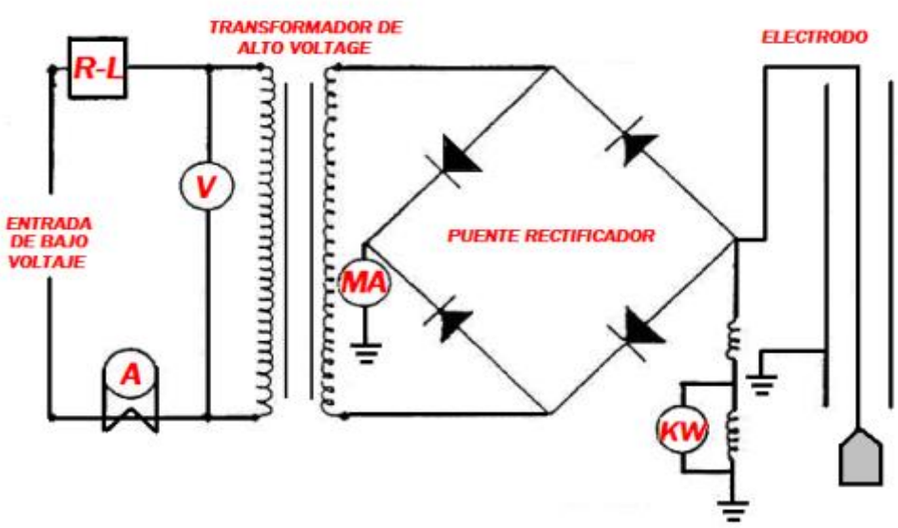


Ilustración 4: Representación esquemática de los componentes eléctricos.

El Precipitador

La mayoría de los precipitadores antiguos utilizan diseños similares de construcción con electrodos de alambre con pesas, actualmente estos electrodos se han sustituido por lo electrodos espiralados montados en estructuras verticales, para asegurar una operación más efectiva y confiable; en otras palabras, poseen ciertas ventajas sobre los electrodos con pesas que son: la aerodinámica, la fatiga mecánica debido al sacudido y la efectividad en términos de la limpieza. El electrodo es un alambre doblado en espiral fabricado de acero inoxidable de alta aleación. Los electrodos van montados en las estructuras en una unidad ensamblada o se envían a terreno enrollados en bobinas con un gancho fijado a cada extremo. Durante el montaje, las bobinas son estiradas entre la parte superior, intermedia e inferior de la estructura y son conectadas firmemente a los sujetadores de cada parte de la estructura.

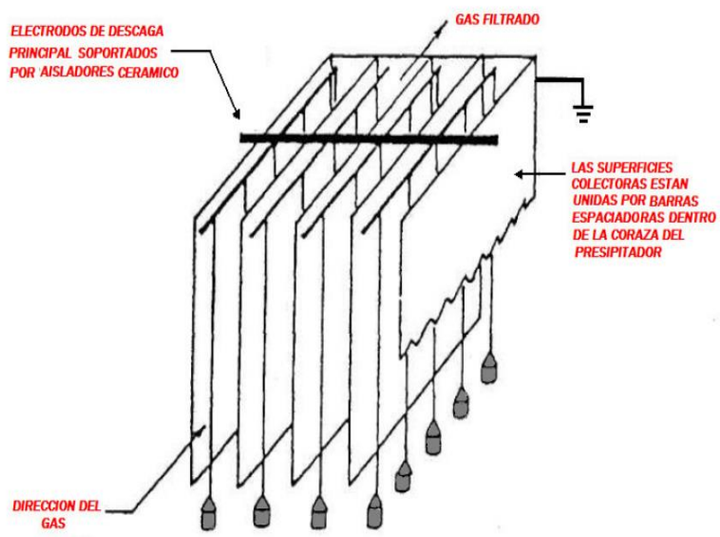


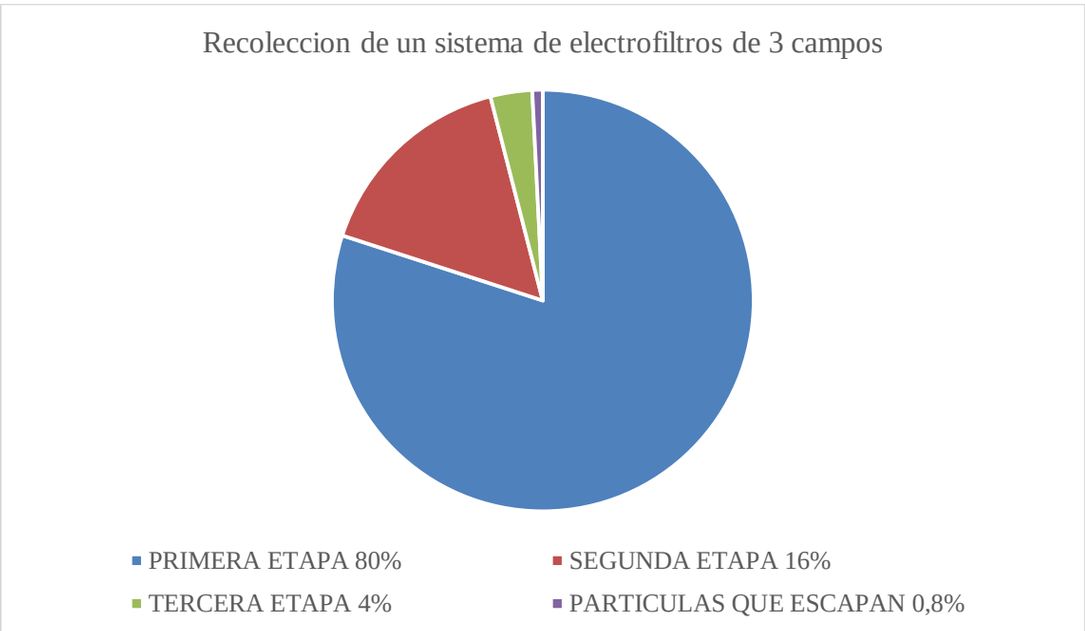
Ilustración 5: interior del filtro

Cada campo controlado por un conjunto T-R tiene una cierta eficiencia de recolección, dependiendo de su tamaño físico y los niveles de voltaje y corriente que se logren. Cada campo puede considerarse como un precipitador independiente, de modo que la disminución de material de campo a campo determinará la emisión final por la chimenea. Por ejemplo, en un precipitador de tres campos se podría asumir que el primer campo recolecta un 80% del material procedente del proceso, el campo medio otro 80%

y el campo de salida también un 80% del material que sale del campo medio. Lo anterior se representaría en la forma siguiente para un ejemplo 100 kg de partículas que entran al filtro.

Campo	**Entrada**	**Recolectado**	**Salida**	**Eficiencia Acumulada**
1era Etapa	100kg	80kg	20kg	80%
2da Etapa	20kg	16kg	4kg	96%
3era Etapa	4kg	3.2kg	0.8kg	99.2%

Tabla 1: Ejemplo de recolección de un sistema de electrofiltros de 3 campos



Ecuación 1: Eficiencia individual de cada campo del electrofiltro

C.- Eliminación del Material

Luego que las partículas se acumulan sobre los componentes internos del precipitador, el éxito final del sistema dependerá de la eliminación efectiva de este material. El sistema de eliminación se compone básicamente de tres partes:

- Los Golpeadores.
- La Tolva.
- El Aparato de Evacuación.

Los golpeadores

pueden ser considerados como una parte integral del filtro, constituyendo además una compleja, como también interesante, fase de la precipitación. El objeto es proporcionar un impacto o sacudida, ya sea a las superficies de placas colectoras o bien a los marcos de alto voltaje, para soltar parte de los depósitos en forma cíclica. Los golpeadores de las placas colectoras afectan prácticamente todo el material recolectado en el filtro y constituyen los componentes principales.

Ilustración 6: Sistema de golpeadores

Las tolvas

reciben el material que se desprende por acción de los golpeadores, el que incluye la mayor parte de los depósitos de las placas colectoras. La cantidad y disposición de las tolvas dependerá del tamaño del filtro. Las tolvas piramidales invertidas generalmente proporcionan una zona crítica para una precipitación exitosa. La apertura inferior de la tolva, a menudo de 30 mm o menos de diámetro, tiende al compactamiento del material si se permite su acumulación excesiva.

Ilustración 7: Tolvas de descarga

2.4 NORMAS

Pero ¿cómo saber qué concentraciones máximas podemos expulsar hacia la atmosfera? En chile y en el mundo debemos considerar algunas normas que nos hacen tener idea de concentraciones máximas que podemos eliminar con estos filtros, normas sanitarias mínimas destinadas a prevenir y controlar la contaminación atmosférica como también normas de calidad primarias para micro partículas. La calidad del aire constituye uno de los temas ambientales que más directamente afectan a la población. Pese a los esfuerzos y a los distintos instrumentos utilizados, el país aún no cumple con los estándares establecidos en las normas de calidad primaria y secundaria vigentes, además existe evidencia de efectos ambientales, tales como disminución de visibilidad, daños a los materiales e impactos en la flora y fauna.

El material particulado (MP) es el contaminante que más significativamente ha sido asociado a eventos de mortalidad y morbilidad en la población. Este contaminante se clasifica según su diámetro, característica de la cual depende la intensidad de sus impactos. Existen dos métricas comúnmente utilizadas para clasificar el material particulado, partículas menores a 10 micrones conocidas como MP10 y partículas menores a 2,5 micrones, conocidas como MP2,5. De esta forma, en el MP10 se pueden distinguir dos fracciones, la fracción gruesa, es decir, entre 2,5 y 10 micrones y la fracción fina, menor a 2,5 micrones.

Cabe señalar que la fracción fina, MP2.5, está compuesta por partículas suficientemente pequeñas que penetran en las vías respiratorias hasta llegar a los pulmones y los alvéolos, lo que aumenta el riesgo de mortalidad prematura por efectos cardiopulmonares, en exposiciones de corto y largo plazo. En cuanto a la fracción gruesa, MP10, de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU, si bien existe una aparente relación entre la exposición de corto plazo y los efectos respiratorios y cardiovasculares, no existe evidencia suficiente para constatar potenciales efectos por exposición de largo plazo.

Efecto	Descripción
Daño a la salud	Las partículas y compuestos emitidos al aire en ciertas concentraciones pueden producir efectos nocivos en la salud de las personas como, por ejemplo, reducción de la función pulmonar, aumento de la susceptibilidad de contraer infecciones respiratorias, muertes prematuras y cáncer, entre otros.
Disminución en visibilidad	La presencia de partículas en el aire reduce la visibilidad causando una disminución en el bienestar y la calidad de vida.
Daño a materiales	El exceso de contaminación atmosférica puede causar daños en los materiales de construcción, alterando las propiedades físicas y químicas de los mismos
Daño a ecosistemas acuáticos	Altas concentraciones de NO2 y SO2 pueden producir deposición ácida en el agua, modificando su composición y dificultando la supervivencia de especies acuáticas.
Daño en plantas y bosques	La deposición ácida en suelos puede alterar el crecimiento de plantas y árboles. Además, el ozono y otras partículas pueden ingresar a través de las estomas de las plantas y dañar su estructura.

Tabla 2: Efectos de las micro partículas

Algunas de estas normas podemos estudiarlas a continuación:

- Decreto 144 del ministerio de salud (1961): Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquiera naturaleza.
- Resolución 1215 del ministerio de salud (1978): Normas sanitarias mínimas destinadas a prevenir y controlar la contaminación atmosférica, también se refiere a la concentración máximas para algunos contaminantes, como dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono troposférico y partículas en suspensión.
- Decreto supremo N°59/98: Glosa normas sobre la calidad primaria para micropartículas respirables (M.P.10), en especial de los valores que definen situaciones de emergencia.

2.4.1 FUNDAMENTO PARA EL CÁLCULO DE LOS PRECIPITADORES ELECTROESTÁTICOS.

A continuación, se expresarán las ecuaciones matemáticas que rigen el fenómeno físico de los precipitadores electroestáticos.

En las proximidades de cada una de las partículas las líneas de fuerza experimentan una mayor o menor distorsión, según sea su naturaleza. Si estas partículas o impurezas son conductoras, aparece una polarización por influencia que produce también una distorsión del campo original.

La máxima carga que puede asociarse a cada partícula será siempre, un múltiplo de la carga elemental. Según su naturaleza y el tamaño de tales partículas el valor puede variar entre unas cuantas unidades y varios millones de veces la carga elemental en cuestión:

$$Q = \varepsilon o * E * r^2 \quad \text{(Fórmula 1)}$$

Donde:

E: Intensidad del campo eléctrico en el lugar de la partícula. [N/C]

r: Radio de la partícula. [cm]

εo: Permitividad eléctrica del material cuya dimensión es [C2/ N.m2]

De acuerdo con la fórmula 1, la carga es proporcional a la intensidad de campo eléctrico, E. Esta disminuye rápidamente con la distancia, desde su máximo en las inmediaciones del electrodo radiante, tanto por razones geométricas como por la presencia de cargas especiales positivas y después lentamente hasta el electrodo de descarga. Como también se desprende de la fórmula 1 la carga incorporada a cada partícula es proporcional al cuadrado del radio, por lo que las de mayor tamaño son más fácilmente captadas por los electrodos colectores. No suelen ser esféricas, pero se puede imaginarlas sustituidas por esferas de idéntica masa y volumen.

Gracias a la acción de la carga incorporada, la partícula queda sometida en el campo E a un esfuerzo F función de E y r.

$$F\ (E; r) = \varepsilon o * E^2 * r^2$$

$$F\ (E; r) = q * E \quad \text{(Fórmula 2)}$$

La partícula se mueve a velocidad constante en dirección al electrodo colector bajo la influencia de esta fuerza y el rozamiento con el gas. Como al mismo tiempo es arrastrada por la corriente transversal gaseosa, resulta una trayectoria inclinada hacia la salida. Por la fricción según STOCKES:

$$R = 2 * \pi * r * \mu * W \text{ [N] (Fórmula 3)}$$

Donde:

μ: Viscosidad dinámica. [N. seg / m^2]

W: Velocidad de migración de una partícula de radio r. [m/seg].

Como las fuerzas F y R se equilibran podemos igualar ambas fórmulas (2) y (3) obteniéndose:

$$W=\frac{\varepsilon_0 * E^2 * r}{2 * \pi * \mu} \text{ [m / seg] (Fórmula 4)}$$

De aquí se deduce que la separación de una partícula será tanto más rápida cuanto mayor sea su velocidad normalmente a la corriente gaseosa. Ello conduce a elevar todo lo más posible la intensidad del campo eléctrico. Atendiendo a esta consideración se elige por regla general la polaridad negativa para el electrodo radiante, ya que entonces la tensión de descarga se presenta con un valor sustancialmente más alto del campo. De la fórmula 4 se deduce asimismo que la velocidad v_r es proporcional al radio r. El polvo basto se separa con mucha mayor facilidad que el fino. La calidad del filtrado depende todavía de otros factores entre las cuales es de gran importancia el tipo de la corriente gaseosa. Mediante aberturas de entrada y salida cuidadosamente resueltas, y con la adición de planchas o placas directrices en caso necesario, se procura que el flujo gaseoso sea en lo posible laminar. Por las mismas razones no conviene elegir una velocidad excesiva. Prácticamente suele hallarse comprendida entre 0,2 y 0,4 m/seg, según las propiedades del gas a filtrar, la naturaleza de las partículas en suspensión y el rendimiento que se desea alcanzar. El diámetro de las partículas que llegan a separarse, según las circunstancias, depende de la longitud del filtro ya que, en el caso más desfavorable, el trayecto que han de efectuar desde el electrodo radiante hasta la superficie de descarga, durante su permanencia en la cámara, puede exigir como recorrido la longitud total del filtro.

Las partículas depositadas en el electrodo de descarga se neutralizan más o menos rápidamente según la conductividad de las mismas. Con polvo de carácter aislante, la descarga puede llegar a hacerse difícil, requiriéndose una mayor tensión entre el material depositado y la superficie de asiento, capaz de provocar descargas internas en el seno de la capa depositada. Los puntos donde esto ocurre emiten iones positivos que perjudican en gran manera la eficacia del filtrado.

En general se acude a alguna medida especial para desprender de la superficie el depósito de polvo. Una de las opciones más comunes es el golpeo mediante sistema de martillo sobre la placa colectora de polvo. Para ilustrar sobre la acción del filtro se

expondrá algunos datos numéricos. En una central térmica que quema carbón, los gases brutos de la combustión contienen hasta 50 gr/m^3 de polvo. Mediante el filtrado, esta proporción puede reducirse a 5gr/m^3 y aún menos. El rendimiento llega pues, al 90 %. La mejor forma de formarse una idea clara del proceso de precipitación es estudiar la relación generalmente conocida como la ecuación de Deutsch-Anderson. Describe los factores involucrados en la eficiencia de recolección del precipitador, como se muestra en su fórmula más sencilla:

$$N = \left[1 - e^{\left(-\frac{A}{V}\right)*W}\right] * 100 \quad \text{(Formula 5)}$$

Donde:

A: superficie colectora efectiva del precipitador. [m^2]

V: flujo de gas a través del precipitador. [m^3/seg]

e: base del logaritmo natural = 2,718.

W: velocidad de migración. [m/seg]

Si bien la relación anterior es válida, hay algunos parámetros de operación que pueden hacer que el exponente se desvíe por un factor de dos o más.

El exponente “W”, conocido como la velocidad de migración, realmente representa la velocidad de movimiento de la partícula hacia la superficie colectora bajo la influencia de un campo eléctrico. Si bien se lo considera como un indicador de velocidad real, tiene un valor finito que se puede usar para fines de comparación.

Altos niveles de voltaje y energía de corona útil en el precipitador, a igualdad de las otras condiciones, son sinónimos de eficiencias de recolección altas. Es importante recordar que pequeños cambios de voltaje pueden producir mejoras substanciales en la eficiencia de recolección. Esto es especialmente cierto a los niveles más bajos de energía.

CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL ASOCIADOS AL PRECIPITADOR EN CBB

3.1 INSTRUMENTACION EN LOS FILTROS

La instrumentación que podemos encontrar dentro de un filtro electrostático puede variar según lo moderno y los tipos que sean éstos. **FLSmiljo** posee instrumentos de medida y equipos de unidades de control dentro de toda su estructura.
Podemos comenzar con los transformadores siendo éstos los eslabones más importantes dentro de los filtros, por lo tanto, son a ellos a quien debemos preocuparnos por tenerlos funcionando en las mejores condiciones de trabajo, debemos preocuparnos de proteger al transformador del lado "primario" y, haciendo esto, proteger la instalación hacia arriba. De la misma forma del lado "secundario" cuando el mismo es utilizado más allá de sus capacidades o cuando una falla provoca una elevación importante de la temperatura.

3.1.1 GRUPO TRANSFORMADOR-RECTIFICADOR

- Nivel de aceite
- Temperatura del aceite y devanados
- Gases disueltos y humedad del aceite
- Transformador para la señal de Voltaje de referencia del primario del transformador

<u>DGPT 2</u>

Para estas funciones y más el filtro FLSmiljo en CBB trabaja con un bloque de protección tipo "DGTP 2". Éste aparato está destinado a proteger a los transformadores con respecto al llenado ya sea si el dieléctrico sea aceite, como un askarel (aceite oscuro), o un aceite de silicona.
De las siglas podemos obtener los siguientes datos de este bloque:

- del **D**esprendimiento de **G**ases……DG
- de la **P**resión en la cuba……...P
- la **T**emperatura……T2(2 umbrales)

Ilustración 8: DGPT 2

Medios de control usados por DGPT

- El **desprendimiento de gases:** tiene por origen el pirólisis del dieléctrico. Se debe generalmente a descargas provocadas por rupturas del aislante, en principio es un flotador mono bloque equipado con un imán en la parte inferior.
- El **descenso importante del nivel:** se debe generalmente a una fuga en el transformador (puede ser, un grifo de purga mal cerrado)
- la **presión en la cuba:** en caso de un cortocircuito en el transformador el arco eléctrico formado provoca una onda de choque instantánea. La sobrepresión en la cuba se hace entonces más fuerte y la deforma (algunas veces hasta la explosión)
- La **temperatura del dieléctrico:** su elevación se puede deber a una falla interna, a un exceso de la potencia nominal del transformador, entre otras.

Función del DGPT

- En un transformador con dieléctrico liquido una avería interna provoca siempre un desprendimiento más o menos importante de gases, debido a la descomposición de los aislantes debido a la acción del calor y del arco eléctrico.
- El DGPT detecta igualmente una bajada accidental del nivel del dieléctrico.
- El DGPT indica toda presión excesiva en la cuba del transformador.
- El DGPT indica igualmente mediante dos termostatos todo aumento de temperatura del dieléctrico, un termostato actúa como alarma y el otro de desconexión.
- La temperatura se lee en un termómetro, que está equipado con un indicador de máxima.
- La visualización del nivel del dieléctrico está indicada por un flotador independiente.
- El DGPT está equipado, en su parte superior, de un tapón especial con grifo incorporado y una toma de muestras.

Funcionamiento

- **Llenado del transformador:** el transformador se llenará con el dieléctrico de manera habitual.

Se puede terminar el llenado por la parte superior del bloque.

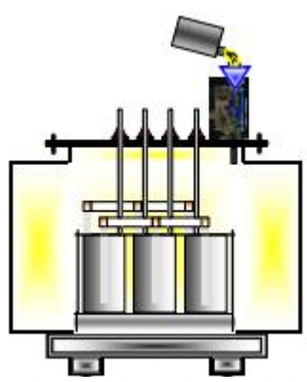


Ilustración 9: Llenado del Transformador

- **Detección de escape de gases:** Se efectúa en dos etapas, visualización por flotador rojo en caso de un ligero descenso del nivel y por una acción eléctrica en caso de descenso importante de nivel.
- **Detección del aumento de presión interna:** esta detectado por el presostato situado en la caja de conexiones eléctricas. El punto de funcionamiento es ajustable.
- **Detección del aumento de temperatura:** mediante 2 termostatos independientes de dilatación de líquidos.
- **Indicación de la temperatura del dieléctrico:** indicada por un termómetro con sonda, situado en un pozo termométrico en el que están situadas también, las sondas de los termostatos.

Desprendimiento de gases

- El volumen de gas que provoca la acción del contacto está determinado por diseño, el volumen varía entre los 90 y 130cm cúbicos, dependiendo del tipo de dieléctrico utilizado. En caso de un desprendimiento de gases, el gas toma lugar del dieléctrico contenido en la cuba del DGPT", haciendo que el nivel descienda.
- Cuando el flotador se sitúa entre 3 y 5 mm del fondo de la cuba, el imán mueve por magnetismo el contacto del bulbo de NC a NA.

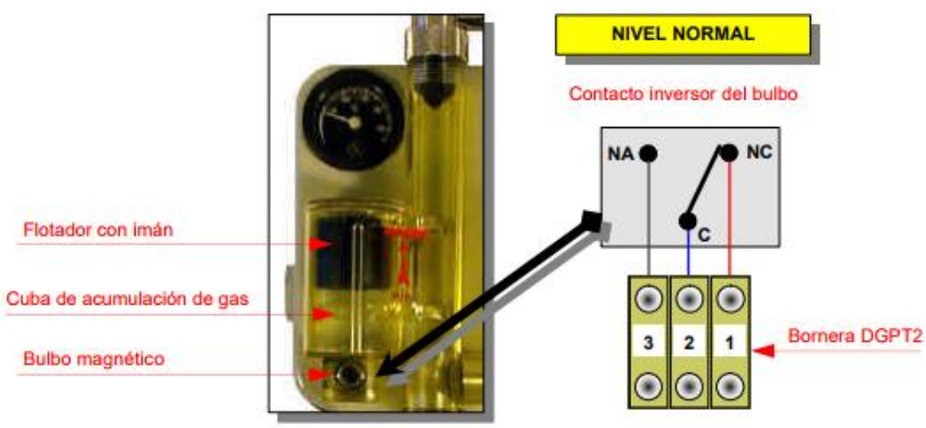


Ilustración 10: Desprendimiento de Gases

Presión en la cuba:

- La sobrepresión en la cuba puede deberse a un excesivo llenado del transformador, una dilatación muy importante del dieléctrico o un cortocircuito en donde el arco formado provoca una onda de choque instantánea.
- La detección de la sobrepresión está asegurada por un presostato de fuelle de acción directa. Está relacionado con la presión en la cuba del transformador por medio de un tubo capilar soldado en el inserto de presión.

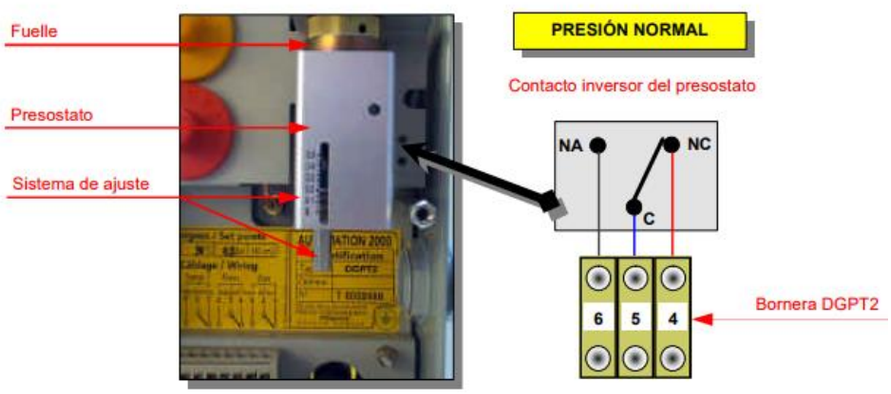


Ilustración 11: Presión en la cuba

- Cuando la presión de la cuba alcanza el valor prefijado mostrado, el contacto del presostato se mueve de la posición NC a NA.

Temperatura:

- El aumento de temperatura puede deberse a: una falla eléctrica que provoca un calentamiento localizado, una utilización intensiva del transformador.
- La temperatura es controlada por dos termostatos independientes del tipo bulbo/capilar y de dilatación de líquido, con compensación de temperatura.
- Los bulbos están alojados en el tubo de la brida de fijación, el mismo está sumergido permanentemente en el dieléctrico.

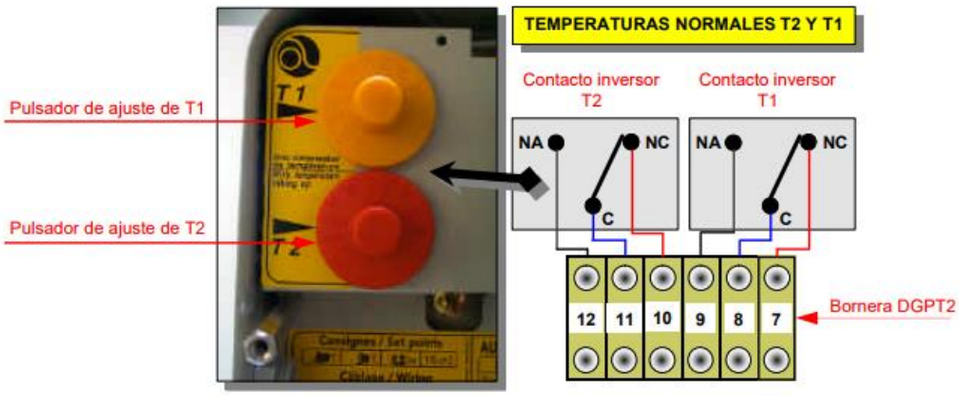


Ilustración 12: Diagrama de temperaturas

- Los ajustes estándares de estos son de: 90°C para T1 y 100°C para T2.
- Cuando la temperatura del dieléctrico alcanza el valor prefijado, el contacto del termostato T1 se mueve de la posición NC a NA.
- Cuando la temperatura del dieléctrico alcanza el valor prefijado, el contacto del termostato T2 se mueve de la posición NC a NA.

3.1.3 UNIDAD CONTROLADORA (MICROPROCESADOR)

La unidad encargada de controlar y supervisar las acciones tomadas es PIACS DC (Precipitator integrated automatic control system for DC HV supplies), algunas de estas acciones o funciones son las siguientes:

- Alimentación de A.T.
- Martillos o golpeadores
- Transporte de cenizas
- Control de calefacción
- Descargas disruptivas

Además del control ejercido sobre algunos parámetros:

- Formas de ondas de corriente y voltaje tanto del primario como secundario del transformador.
- Encendido de tiristores
- KV y miliamperes

3.1.3.1 ALIMENTACION DE ALTA TENSIÓN

Esta ilustración describe la unidad de control de PIACS DC, la cual es usada para el control automático de la alimentación de la alta tensión (desde ahora llamada A.T).
A continuación, se muestra tal sistema, el cual consiste en un armario de control donde la unidad PIACS DC está montada y un tanque de A.T el cual contiene un T/R enfriado por aceite.

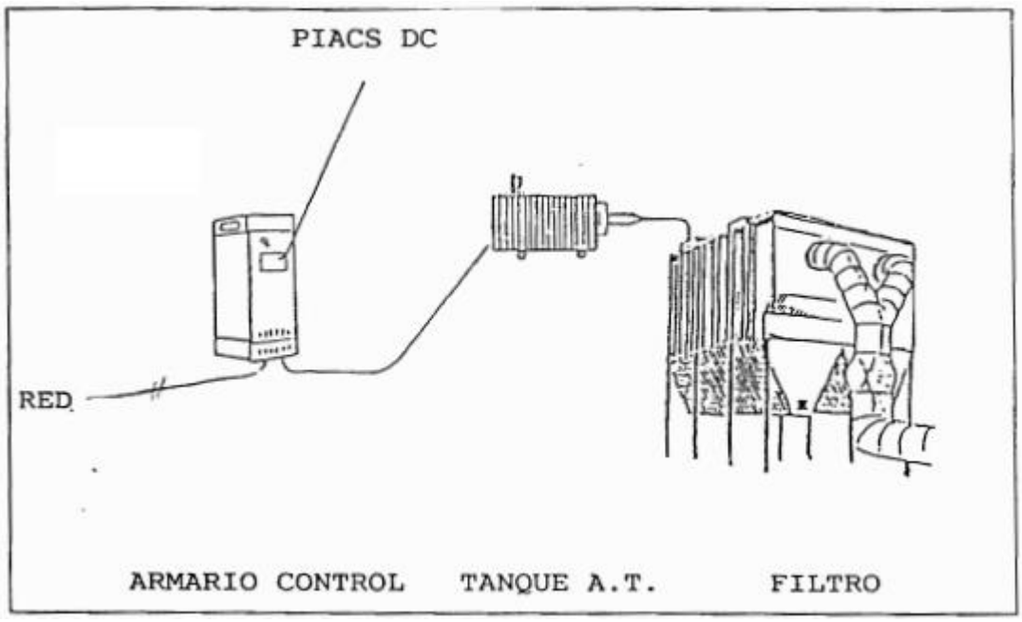


Ilustración 13: Montaje en terreno de PIACS DC

El piacs dc es una unidad de control a microprocesador, la cual está programada para suministrar al filtro, la máxima potencia de corona posible, de acuerdo con las condiciones de operación existentes.

Diagrama de bloques de la unidad de control.

La unidad de control regula el valor medio de la corriente del filtro en un sistema de bucle cerrado. La corriente se mide mediante una resistencia en derivación (señal en miliamperes). La corriente del filtro y por ende el suministro de potencia, se regulan

mediante 2 tiristores en antiparalelo, los cuales regulan la tensión alterna aplicada al transformador de alta tensión. El voltaje secundario de este se rectifica por un rectificador puente monofásico y se aplica directamente al filtro electrostático con polaridad negativa. El suministro de potencia se limita por las descargas que normalmente ocurren en el filtro. Estas se detectan mediante el voltaje del filtro, el cual se mide con un divisor de tensión (6) (señal en kiloVoltios). Además de una detección de descarga segura, una de las tareas más importantes de PIACS es restablecer rápidamente el nivel de tensión después de una descarga, sin bloqueo innecesario de la corriente del filtro y sin que ocurran descargas múltiples, estas funciones son realizadas por una tarjeta de interface (1) y por una tarjeta de microprocesador (2).

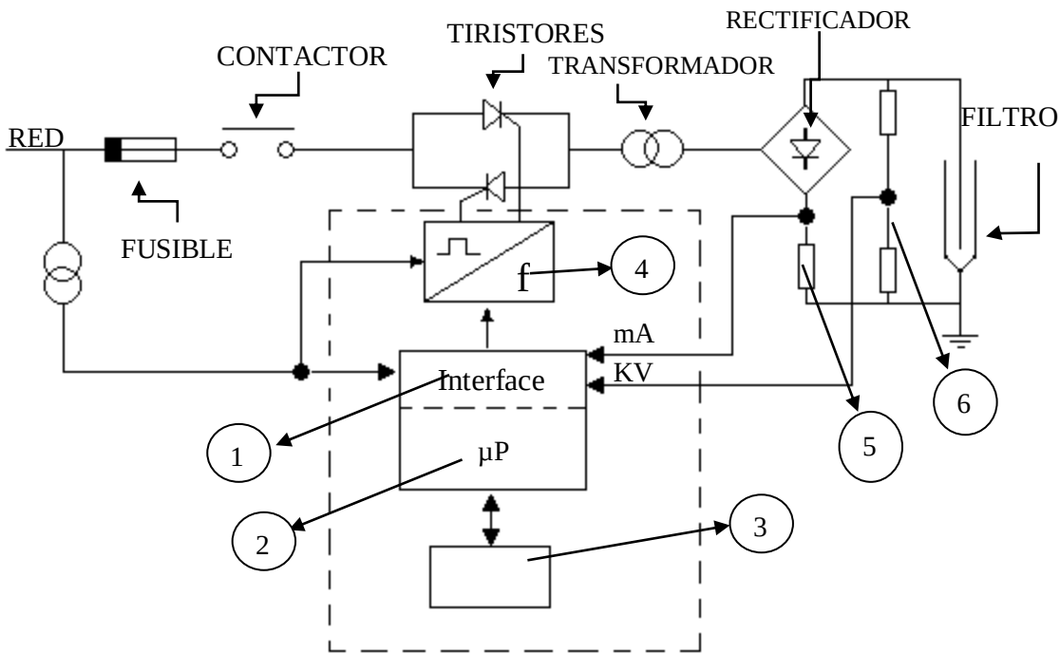


Ilustración 14: Diagrama de bloques de la alimentación de A.T.

La misión de la unidad PIACS DC consiste entonces en determinar en cada momento, el ángulo de disparo óptimo de los tiristores, en cada semiperiodo de la frecuencia de la red. Esta orden de disparo se transmite como una señal de frecuencia a una tarjeta de control del ángulo de disparo (4), la cual convierte ésta en pulsos de encendido para los dos tiristores en antiparalelo. La comunicación con el operador se realiza vía un teclado o display (3).

El PIACS DC contiene, además, una serie de funciones importantes, las cuales están incluidas mas adelante.

Entre estas se pueden nombrar:

- Control de energía mediante alimentación de corriente intermitente
- Detección de contra emisión, con cambio automático a funcionamiento intermitente.
- Regulación rápida de tensión del filtro después de una descarga.
- Regulación rápida de la corriente (fast ramp mode)
- Energy management control system.
- Medición directa del valor medio, mínimo y de cresta de la tensión del filtro.
- Reconexión automática desde el CPU (por ejemplo, en caso de interrupciones cortas de la tensión de la red).
- Y, por último, posee un conjunto de parámetros óptimos y necesarios.

3.1.3.1.1 ESTRATEGIA BÁSICA DE CONTROL DE LA ALIMENTACIÓN A.T

A continuación, se muestra cómo se regula la corriente media del filtro, cuando distintos eventos tienen lugar durante del funcionamiento.

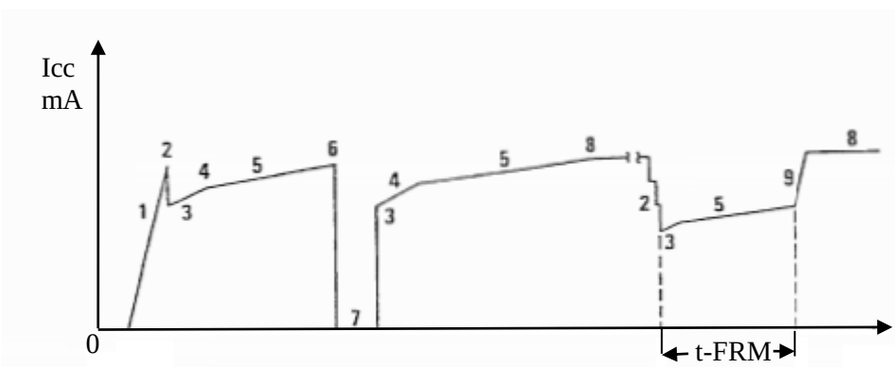


Ilustración 15: Regulación de corriente durante el funcionamiento

1. Arranque
2. Descarga tipo I
3. Tiempo de recuperación reducción de corriente
4. Aumento normal de corriente.
5. Aumento normal de la corriente
6. Descarga tipo II
7. Tiempo de bloqueo
8. Límite de corriente
9. Regulación rápida de corriente

3.1.3.2 REGULACION EMCS

Dentro de la unidad controladora está el sistema de control de manejo de energía o también llamada regulación EMCS (Energy Management Control System) cuyo objetivo es controlar de manera económica el consumo de energía de un filtro electrostático y al mismo tiempo mantener una determinada emisión de polvo. Esto significa que el suministro de potencia a las secciones individuales del filtro se reduce de tal manera que el ahorro energético resulta el mayor posible, sin que se exceda el límite permitido de la emisión de polvo.

La regulación EMCS requiere entonces de una señal proveniente de un monitor óptico o también conocido como opacímetro montado después del filtro, el cual indica continuamente el nivel actual de la emisión de polvo. Esta señal de retroalimentación se usa en un sistema de regulación de bucle cerrado e indica normalmente la extinción (optical density o extinction) o la opacidad (opacity).

La regulación EMCS está diseñada para funcionar juntamente con un opacímetro que tenga la capacidad de entregar una señal de corriente de 4 a 20 mA o de 2 a 20mA. Además, EMCS está pensada para funcionar con junto a PIACS DC, por lo tanto, estas funcionan de la mejor manera vinculados.

La regulación EMCS incluye “hardware” (conjunto) y “software” (individual). Lo primero está incluido en una sola tarjeta de circuito impreso, ubicada en el armario de control de la unidad PIACS DC. Lo segundo se encuentra en el programa de las unidades PIACS. El EMCS está dimensionado para poder controlar un máximo de 10 unidades.

CONSTRUCCIÓN Y MODO DE FUNCIONAMIENTO DEL EMCS.

Como hemos mencionado anteriormente, el “hardware” de la regulación EMCS está ubicada en la tarjeta AA31, la cual está montada en la regleta de la unidad de control PIACS. La tarjeta recibe la señal de corriente desde el opacímetro, la convierte en una señal de modulación de ancho de pulso (PWM) y la envía a continuación a las unidades de control instaladas. El principio se enseña en la ilustración 17 a manera de ejemplo, se muestra el filtro dentro de la cámara con las 3 secciones. La tarjeta AA31 tal como se aprecia, está montada en el armario de control de la sección 3 y su salida se conecta a las 3 unidades de control.

La regulación EMCS se puede encender y apagar vía un contacto externo conectado a los terminales de la tarjeta. La acción de la regulación sobre una unidad de control PIACS en particular, se puede activar y desactivar desde el teclado de operación de la unidad.

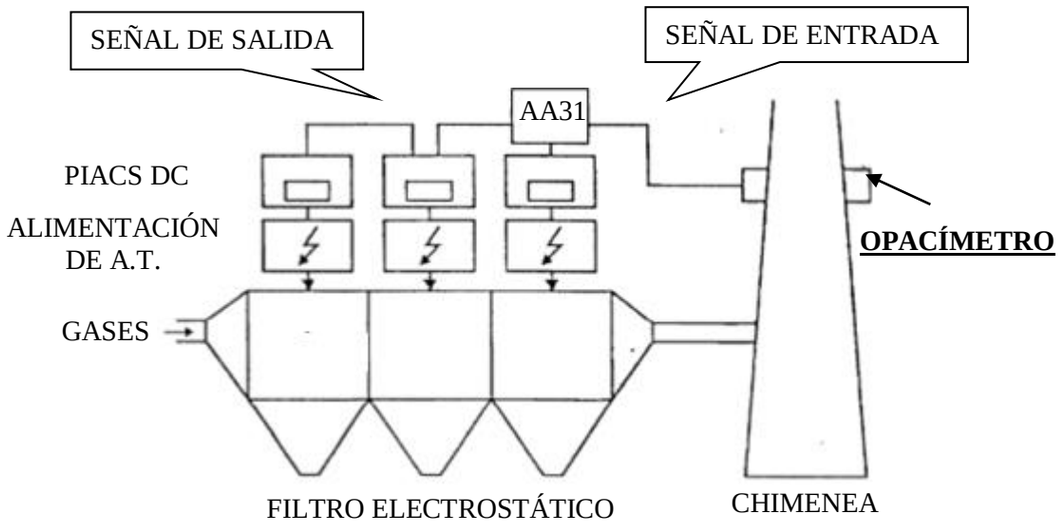


Ilustración 16: Implementación de la regulación EMCS en el filtro de 3 secciones

Estrategia de control

La señal de modulación de ancho de pulso correspondiente a la extinción (Ex) se aplica a un filtro pasa-bajos, incluido en el programa del PIACS y se filtra con una constante de tiempo típica de 2 minutos. La señal de salida del filtro Ext, se utiliza para regular el límite de corriente de una fuente de alimentación de A.T. como se muestra en la figura 18.

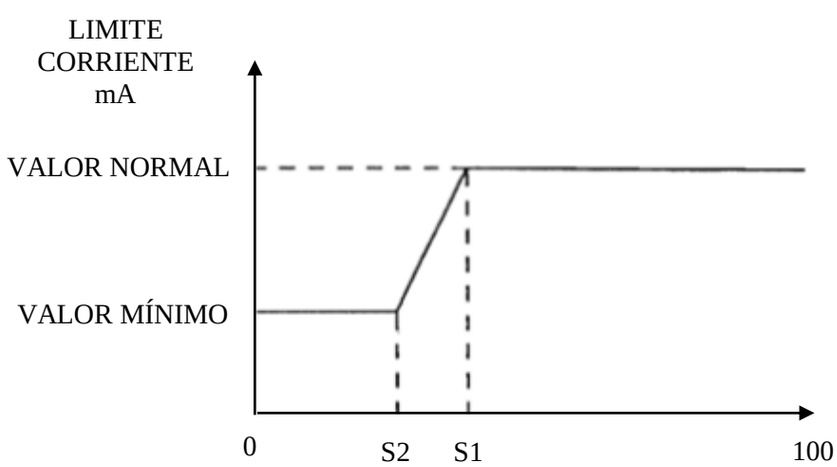


Ilustración 17: Regulación del límite de corriente en función de la extensión media

Como se ilustra en la figura, la función EMCS puede variar el límite de corriente entre 2 valores: el limite normal ajustado (limite ICC para el PIACS DC en este caso) y el valor mínimo permisible (I low lim). La señal filtrada Ext se compara con 2 valores ajustados: S1 (parámetro ExImax) y S2 (parámetro ExImin) y la unidad de control respectiva regula el límite de corriente linealmente entre esos 2 valores. Si ExT es mayor que ExImax se utiliza el límite de corriente normal y si ExT es menor que ExImin, el límite de corriente resulta ser I low lim.

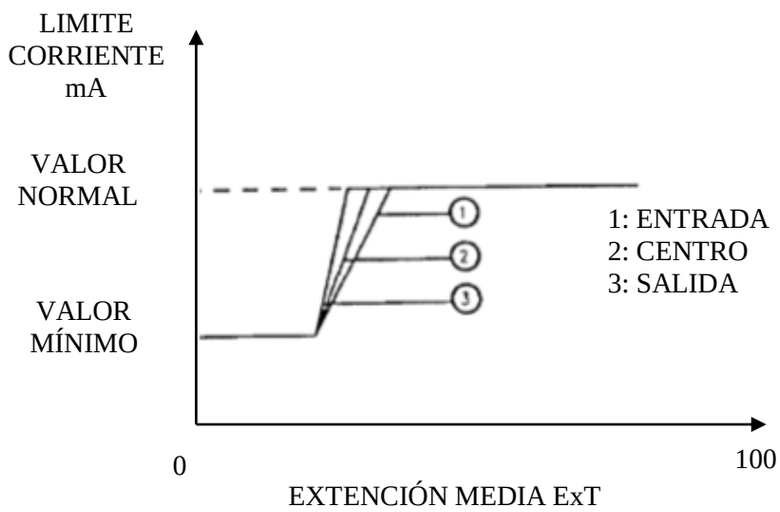


Ilustración 18: Ejemplo de regulación EMCS

El principio preferido para un filtro de varias secciones es que ExImin tenga el mismo valor para todas las unidades PIACS y que la secuencia de disminución comience desde el extremo de entrada, tal como se muestra en la ilustración 19.

Para asegurar un rango dinámico conveniente de la extinción, se requiere que ExImax ≥ 10%; en relación con la estabilidad de la regulación, se requiere que ExImax ≥ 1,1. ExImin.

Implementación

En la siguiente ilustración se aprecia el principio para la conexión de la regulación EMCS. Además, se hace referencia a la documentación técnica de la instalación

respectiva. La señal de modulación de ancho de pulso que representa la extinción se aplica a acopladores ópticos (optocouplers) en las unidades PIACS, los cuales se conectan en serie. De esta manera, se obtiene una aislación galvánica y un cableado simple.

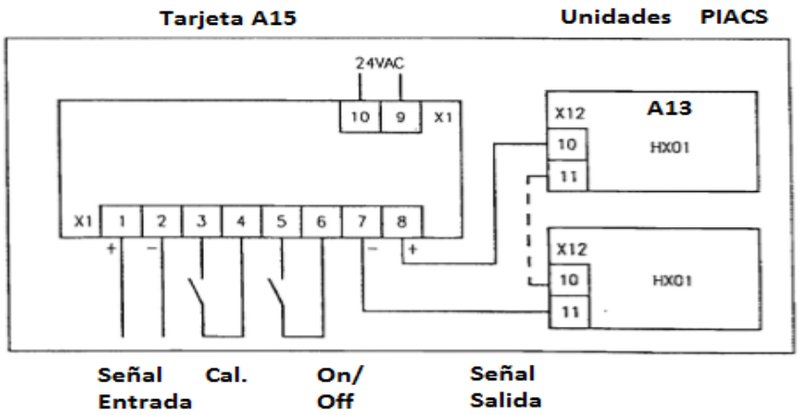


Ilustración 19:implementación EMCS

CAPÍTULO 4: SISTEMA DE ALIMENTACION "SIR" EN ARAUCO S.A.

4.1 SISTEMA DE ALIMENTACION "SIR" (SWITCHED INTEGRATED RECTIFIER).

Cada día las empresas buscan mejores opciones tanto como productividad y eficiencia de los equipos instalados en cada planta y esta oportunidad podemos realizar una comparación entre un sistema de control casi obsoleto como lo es PIACS DCMK1 y otro tan moderno como el instalado en ARAUCO Planta nueva aldea.

Está formado por un rectificador trifásico, un ondulador para regular la tensión, un transformador, un rectificador de alta tensión y un ordenador de control.

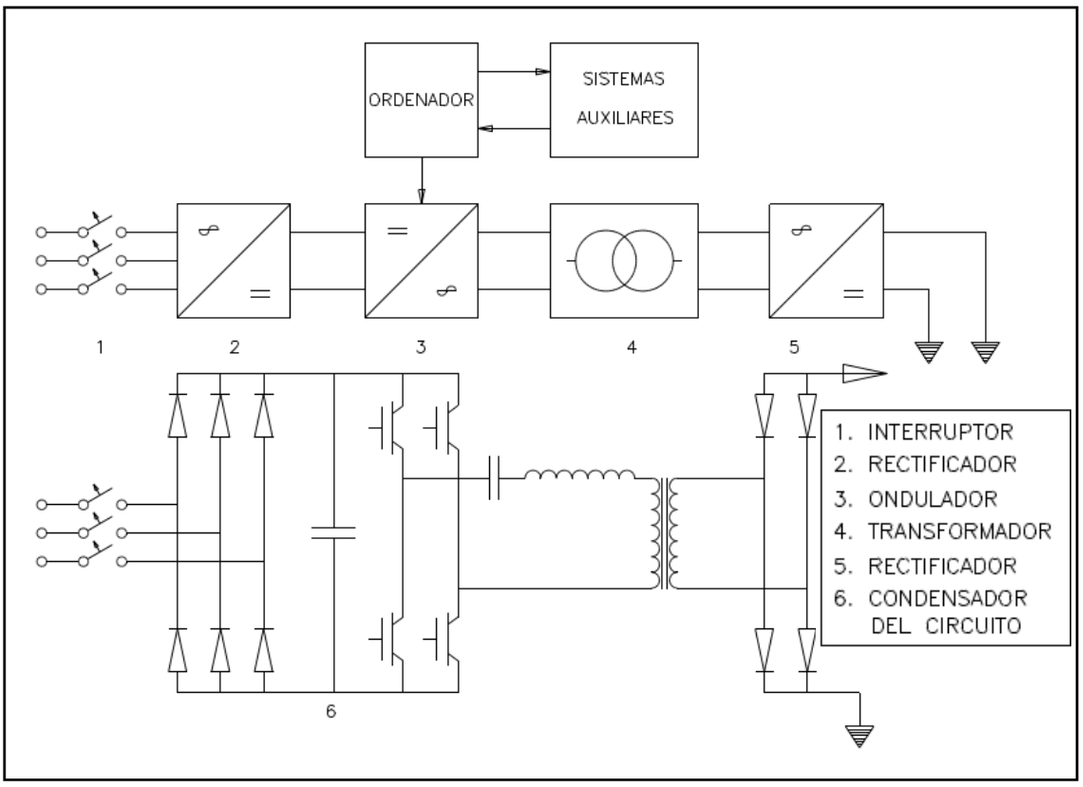


Ilustración 20 Esquema del sistema SIR y su circuito eléctrico simplificado

En el agregado SIR se ha sustituido el sistema convencional de tiristores por un rectificador trifásico al que se ha postconectado un ondulador con frecuencia máxima de conmutación de 50kHz. El resultado es que el transformador de alta tensión funciona con una frecuencia considerablemente mayor que la frecuencia normal de 50 ó 60 Hz, lo que reduce considerablemente su peso y por tanto el espacio necesario para la instalación.

El transformador y el rectificador de alta tensión de un agregado SIR de 60kW como es el caso en ARAUCO pesa un total de 65kg incluido el aceite de aislamiento, mientras que una unidad convencional de transformador/rectificador pesa unos 1200kg. Considerado en su conjunto incluyendo el armario de mando, un mando, un agregado convencional alcanza los 1400kg mientras que un agregado SIR solo pesa 180kg. Para llegar a poder construir este sistema, partiendo de sistemas de baja potencia de alimentación, fue necesario alcanzar la potencia de 200kW. Por otro lado, como las descargas parciales en los electrofiltros, tienen el mismo efecto que un corto circuito en el lado de carga, era necesario construir un equipo capaz de soportar hasta cortocircuitos por segundo. Para dominar una frecuencia de conmutación suficientemente alta, sin perdidas demasiado grandes en los semiconductores de potencia, el ondulador debe estar en condiciones de resonar. A mediados de los años 90 aparecieron nuevos tipos de transistores con los que se consiguió este tipo de onduladores.

El proceso de precipitación requiere que el voltaje medio se mantenga a un nivel constantemente alto, de manera que se produzca una corriente de descarga de corona alta. Y un problema en los rectificadores convencionales es la ondulación significativa en el alto voltaje. En los rectificadores los voltajes picos no deben exceder el valor de

aislamiento entre electrodos de corona y recolectores, la unidad SIR se encarga de producir un voltaje perfectamente “liso”.

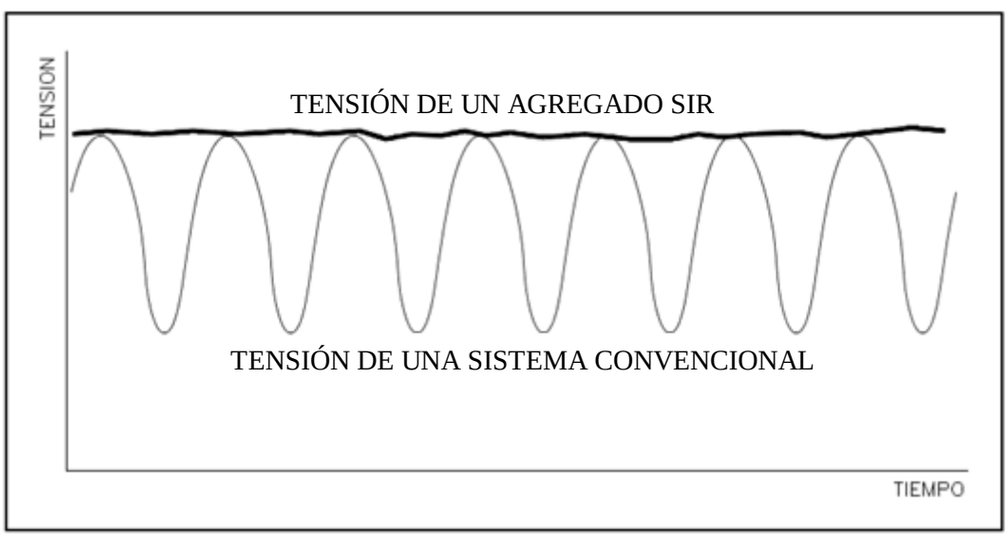


Ilustración 21: Tensión rectificada suministrada al electrofiltro por un sistema de alimentación convencional y por un sistema SIR

Llegado a este punto vio el gran problema era el transformador que ha de dominar al mismo tiempo una potencia, una tensión y una frecuencia muy elevadas, teniendo que satisfacer exigencias muy estrictas. Los componentes parásitos, como la inductancia de fuga y el acoplamiento capacitivo entre devanados, han de estar adaptados a la carga y a la característica del ondulador. El problema se ha resuelto con cuidadoso diseño mecánico de la parte magnética.

Las ventajas de estos equipos para el sistema de funcionamiento de los precipitadores electrostáticos, es que simplifican la optimización del punto óptimo de trabajo y mejoran el rendimiento del electrofiltro debido fundamentalmente a que suministran una tensión aplanada sin ondulación residual, como se puede ver en la *Ilustración 22* y permiten controlar libremente la longitud y periodo de los impulsos, como se puede ver en la *Ilustración 23.*

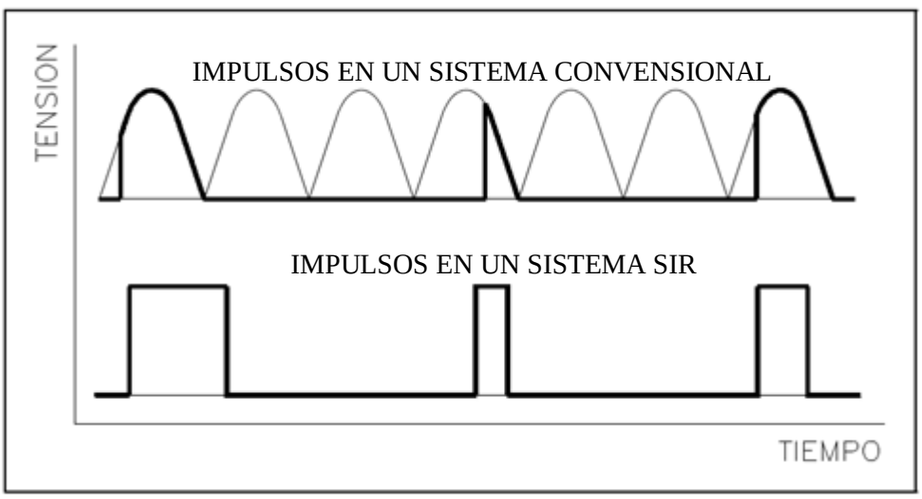


Ilustración 22: Forma de los impulsos en un sistema convencional y en un sistema SIR

Estas unidades funcionan normalmente con tensiones de 110-240VAC, una tensión de salida de 5-24VDC y una salida en potencia de hasta 1kw. Siendo estas características los principales problemas:

- Los P.E. requieren potencias entre 20 y 150 kW
- Las tensiones de salida de hasta 100 kV

Es aquí donde los IGBT entraron en escena y se convirtieron en posibilidad de construir inversores con mayor poder.

Las Ventajas de las unidades SIR pueden ser variadas:

- Ajuste óptimo para el punto de funcionamiento y mejorar así la eficiencia del precipitador.
- Alisado de la tensión
- Elimina incluso la ondulación residual.
- Permite un control sin restricciones del ciclo del pulso y la longitud del impulso.

Las partículas de polvo con una baja conductividad eléctrica por ejemplo cuando se quema carbón con bajo contenido de azufre son difíciles de separar. Esto es por su alta resistencia que formar una capa gruesa sobre los electrodos de placa, y se soluciona enviando pulsaciones cortas de corriente con una frecuencia de 30 Hz. Como resultado, la capa de polvo se descarga durante los intervalos entre impulsos.

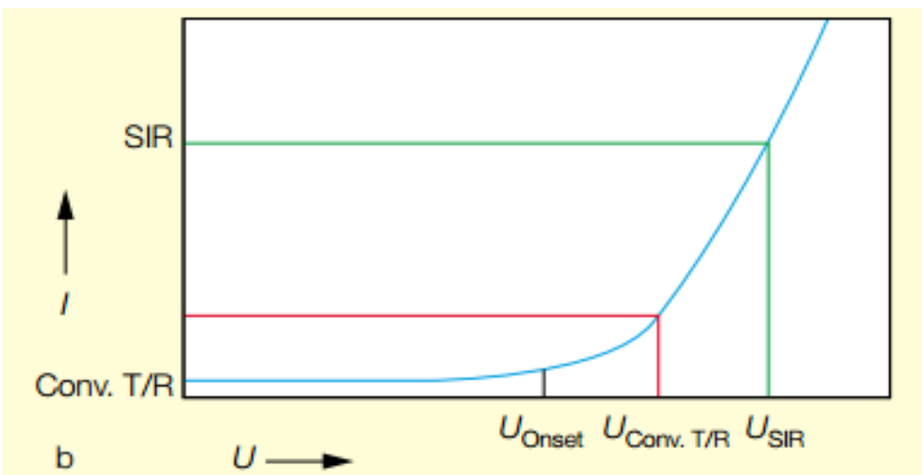


Ilustración 23: Pulsaciones de corriente en un sistema convencional y en un sistema SIR

4.2 VENTAJAS, RESUMEN Y CONCLUSIONES.

Los agregados SIR simplifican la optimización del ajuste del punto de trabajo y mejoran el rendimiento del filtro. Gracias a ellos, los filtros para nuevas instalaciones pueden ser más pequeños; y en los filtros existentes se reduce la emisión de sustancias nocivas. La principal ventaja de los agregados SIR, sin embargo, es que proporcionan alta tensión aplanada, sin ondulación residual, y permiten controlar libremente la longitud y periodo de los impulsos.

En los rectificadores usuales, la tensión está limitada por la fuerte ondulación de la alta tensión. Las crestas de tensión no deben superar el valor límite para que no se produzcan descargas entre los electrodos de emisión y los de precipitación, constituidos como placas. La tensión media, por tanto, está claramente por debajo del límite de descarga. Un agregado SIR proporciona una tensión alta aplanada. La tensión media y la tensión de cresta son por tanto iguales y pueden tener valores próximos al límite de descarga.

Por lo tanto, sus ventajas con respecto a PIACS DC MK1:

- Tiene ajuste óptimo para el punto de funcionamiento y mejorar así la eficiencia del precipitador.
- Elimina incluso la ondulación residual.
- Pulsación de corriente
- Permite un control sin restricciones del ciclo del pulso y la longitud del impulso.
- Alisado de la tensión

Y, en resumen:

PIACS DC KM1 (CBB)	**SIR (ARAUCO)**
Sistema de control automático integrado.	Rectificador integrado conmutado.
Regula valor medio de la corriente del filtro en un sistema de bucle cerrado	Basado en electrónica de potencia avanzada
Regula el suministro de potencia, también la tensión alterna aplicada al Transformador.	Ofrece un control mejorado
Regulación rápida de tensión del filtro después de una descarga	Considerable reducción de peso y costo de instalación
Comunicación serie propia con un computador de supervisión	Integración de los IGBT
	Pulsación de corriente
	Alisado de la tensión
	Comunicación con equipos ABB

Tabla 3: Tabla resumen y comparación entre "KM1" y "SIR"

CAPÍTULO 5: MEJORA PARA EL PRECIPITADOR EN CBB

5.1 PIACS DC 4

Definitivamente CBB planta Curicó posee un sistema de control que en comparación a ARAUCO queda en descubierto la poca eficiencia que tienen los equipos pese a que "funciona" y cumple con lo solicitado ya podemos ver que en la actualidad existen muchos más equipos que cumplen con mayor precisión y eficacia con lo solicitado.

Es por esto que se ha decidido realizar una recomendación a la empresa mediante tablas y datos comparativos del porqué es recomendable no realizar un cambio drástico en el sistema de control, sino que la empresa FLSmiljo (fabricante de PIACS DC) posee dentro de sus equipos actualizaciones en su tecnología que cumplirían con las expectativas del trabajo y además mirándolo por el lado económico es el más rentable.

Cambiar el sistema completo o cambiar de proveedor y el equipo completo sería sin duda una idea fuera de la realidad para una empresa.

Es por lo que FLSmiljo actualiza y mejora sus sistemas y llega el modelo conocido como PIACS DC4, esta unidad de control DC4 es un controlador basado en un microprocesador diseñado para:

Ilustración 24: Panel remoto DC 4

- Optimizar la potencia corona suministrada a un precipitador electrostático
- Reaccionar eficientemente para procesar variaciones
- Asegure bajas emisiones de polvo de salida, incluso en condiciones difíciles

Debido a su arquitectura modular y flexible, cada controlador puede controlar hasta 10 unidades de alto voltaje, 90 sistemas de golpeo, 90 calentadores y dos unidades de aire de purga.

El PIACS DC4 puede controlar los conjuntos transformador/rectificador monofásico

(T/R) tradicionales, los conjuntos T/R trifásicos y los conjuntos multifásicos (tecnología propietaria FLSmidth Airtech), donde la elección del conjunto T/R depende de muchos procesos parámetros, incluida la resistividad eléctrica del polvo.

- Conjuntos T / R monofásicos para polvo de resistividad de medio a medio alto
- Juegos de T / R trifásicos para polvo de baja resistividad
- Conjuntos T / R multifásicos para procesos donde la resistividad del polvo cubre un amplio rango en el tiempo

5.1.1 UN SISTEMA MULTIFÁSICO.

La tecnología PIACS se desarrolló durante casi 40 años. La última versión permite controlar todos los tipos de conjuntos T / R, como se muestra en la siguiente tabla:

	PIACS DC MK2	**PIACS DC MK3**	**PIACS DC 4**
1 fase	✓	✓	✓
2 fases		✓	✓
Multifásico			✓

Tabla 4: Tipos de conjuntos T/R

5.1.2 CONTROL DE ALTA TENSIÓN.

DC4 puede controlar los siguientes tipos de fuentes de alimentación de alta tensión:

- **Conjuntos de T / R monofásicos**

El conjunto de T/R monofásico es el más comúnmente utilizado y puede suministrar un voltaje de CC con una ondulación relativamente grande. Típicamente se usa para polvo de resistividad de mediana a mediana. Si se opera en el modo 'energización intermitente', proporciona un voltaje pulsante, que se usa típicamente para polvo de resistividad de media a alta. El modo de operación se selecciona automáticamente dependiendo de las condiciones del proceso para lograr la menor emisión de polvo.

- **Conjuntos de T/R trifásicos**

Un conjunto de T / R trifásico suministra un voltaje de CC uniforme y, por lo tanto, puede aumentar la potencia de la corona al ESP. Esto es especialmente ventajoso para procesos con polvo de baja resistividad, como en las industrias de pulpa y papel, cobre y zinc.

- **Conjuntos de T/R multifásicos**

Un conjunto de T / R multifásico puede funcionar como un conjunto de T / R monofásico o como un conjunto de T / R trifásico. Es la elección perfecta para los procesos en los que cambia la resistividad del polvo, como en las centrales eléctricas alimentadas por diferentes mezclas de carbón.

5.1.3 LA TECNOLOGÍA PIACS DC 4

El PIACS DC4 es el sistema de control automático más nuevo para los filtros electrostáticos desarrollados por FLSmidth Airtech.
Al reunir todas las mejores características de generaciones anteriores, DC4 también ofrece:

- Un algoritmo mejorado para la recuperación de voltaje después de la chispa
- Operación y vigilancia remota
- Registro y tendencia de los parámetros más importantes
- Una función de osciloscopio
- Un sistema de control de gestión de energía (EMCS) que, en combinación con un instrumento de polvo óptico, mantiene el nivel de emisión garantizado, al tiempo que ahorra energía eléctrica
- Un potente panel táctil que ofrece una visión clara de todos los sistemas de alto voltaje, los sistemas de golpeo y los calentadores eléctricos, incluidos los valores de temperatura reales. Y con las pantallas se puede acceder a:
    - ⇨ Solución de problemas
    - ⇨ Panel controlador del filtro
    - ⇨ Pantalla de tendencia
    - ⇨ Resumen de alarmas
    - ⇨ Curvas de tensión actuales
    - ⇨ Pantalla del osciloscopio
    - ⇨ Estado de la comunicación de los módulos.

Ilustración 25: Pantalla táctil de 15,6 pulgadas

5.2 SISTEMA DE PULSO COROMAX

Para apoyar aún más el trabajo realizado por DC 4 FLSmidth ha desarrollado una solución económica que se ha demostrado para reducir al mínimo la materia particulada emitida a partir de plantas térmicas de carbón. Lanzado por primera vez en 1985, el Coromax es un sistema de impulsos, una fuente de alimentación de alta tensión para los precipitadores electrostáticos. Se puede instalar rápida y fácilmente como una simple sustitución de la fuente de alimentación existente. El FLSmidth Airtech Coromax sistema de impulsos es una fuente de alimentación avanzada de alta tensión para los precipitadores electrostáticos. Está diseñado para capturar incluso las partículas más finas de alta resistividad comúnmente emitidas por calderas alimentadas con carbón y plantas de sinterización de acero. El sistema Coromax se ha convertido en una fuente de alimentación preferida para las plantas eléctricas nuevas de carbón. No sólo reduce las emisiones, sino que también mejora significativamente el rendimiento del filtro y reduce el consumo de energía total.

5.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO PROPUESTO

Se puede esperar que un filtro funcione bien para recoger partículas mayores de PM 2,5. Sin embargo, para los tamaños de partícula por debajo de este nivel, se requiere un sistema tal como el sistema de impulsos Coromax.

El sistema Coromax se ha convertido en una fuente de alimentación preferida para las

plantas eléctricas de carbón. No sólo reduce las emisiones, sino que también mejora significativamente el rendimiento y reduce el consumo de energía total.

El sistema de impulsos Coromax mejora la recogida de partículas submicrónicas, especialmente en los procesos de alta resistividad al aumentar el nivel de tensión. Las partículas submicrónicas adquieren una carga mucho menor que las partículas más grandes. La tensión de impulso de 140kV duplica el valor de alimentación de CC convencional, y por lo tanto aumenta significativamente la eficiencia de recolección de partículas submicrométricas.

Esto se logra generando una forma de onda de voltaje especial que consiste en una tensión de base suave con pulsos estrechos superpuestos. En la figura, el voltaje de salida de una unidad Coromax se compara con el voltaje de salida típico para un conjunto de T / R estándar. El primero se conoce generalmente como "energización de pulso", mientras que el segundo se conoce generalmente como "energización de CC".

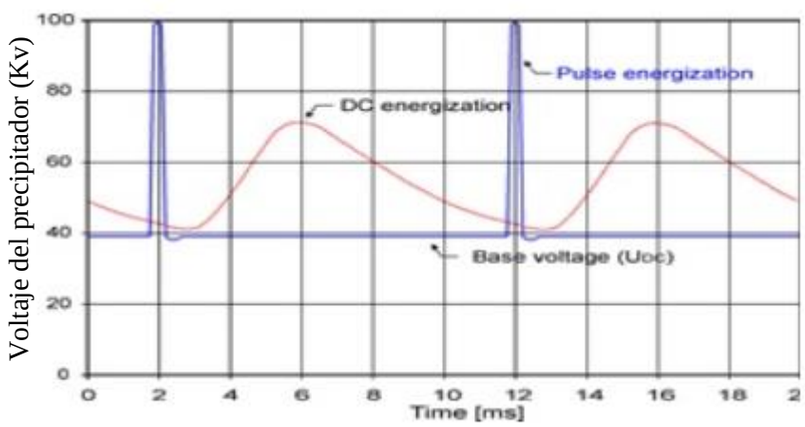


Ilustración 26: Forma de onda de voltaje aplicada al FILTRO (energización de pulso)

Los sistemas Coromax pueden instalarse en nuevos filtros o modernizarse en precipitadores existentes para mejorar la eficiencia. Un sistema Coromax generalmente puede reducir las emisiones de polvo en un 30 a 50%, mientras que disminuye significativamente el consumo de energía, especialmente en aplicaciones de alta resistividad.

5.2.2 BENEFICIOS CLAVES DE COROMAX

Coromax mk4 está controlado por EPCU, una unidad de control basada en microprocesador especialmente diseñada. Usando una estrategia de control patentada, la EPCU puede controlar de forma óptima la amplitud de la tensión de base, la amplitud de los pulsos y la frecuencia de repetición de impulsos. Además, una EPCU puede controlar los sistemas de golpeo y calentadores.

Para Coromax mk4, la tensión base puede ser de hasta 60 kV, mientras que el ancho de

pulso nominal es de 75 µs y su amplitud puede ser de hasta 80 kV, para una tensión de pico máxima total de hasta 140 kV. La frecuencia de repetición del pulso nominal es igual a 100 pulsos por segundo (PPS). A diferencia de su predecesor, el circuito de generación de impulsos comprende dispositivos de conmutación en el rango de voltaje medio, lo que aumenta la fiabilidad del sistema.

5.2.3 CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

Al variar la frecuencia de repetición de pulsos, se puede controlar la corriente independientemente de la tensión, lo que permite que el ESP funcione a un nivel de alto voltaje mientras se mantiene un nivel de corriente bajo, eliminando así la corona posterior

Los pulsos estrechos permiten que el ESP alcance niveles de voltaje más altos, mejorando la carga y la recolección de partículas pequeñas

Los pulsos estrechos y el nivel de alto voltaje causan una descarga de corona más intensa, lo que da como resultado una mejor distribución de corriente dentro del ESP

En resumen,

- Reduce las emisiones de incluso las partículas más finas
- Reduce los gastos de capital
- Reduce el consumo de energía
- Facilidad de instalación rápida para el tiempo de inactividad mínimo
- No hay desafíos ambientales adicionales
- Funciona con muchos diferentes tipos de carbón
- La interfaz en paralelo o en serie con CCS (PROFIBUS, PROFINET, Modbus, Ethernet, DeviceNet, etc.).

Uno de los problemas más grandes que tiene el sistema de CBB es la red de comunicación, ya que es propia y dificulta la opción de

Ilustración 27: Componentes claves para el nuevo PIACS

integrar nuevos equipos que tengan diferente red de comunicación, uno de los mayores beneficios del nuevo modelo PIACS es que ahora es posible acceder a la interfaz de control del filtro a través de una conexión Ethernet incorporada. Esto permite al personal de mantenimiento de la planta y los especialistas FLSmidth puede dar servicio a los equipos de forma remota, aumentando la fiabilidad de éste.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES

Al trabajar y estudiar con los precipitadores electrostáticos se necesitó entrar a lo más profundo de la historia de éstos, con este estudio pudimos afirmar que la tecnología crece y crece cada día más a pasos agigantados y no debemos quedarnos atorados en lo que se sabe en el presente y Tener una visión amplia es primordial para la superación que cada uno de nosotros como profesionales nos corresponde tener.

En general y considerando ventajas, desventajas y características de cada uno de los filtros estudiados comenzando por MK1 y SIR podemos rescatar que el filtro instalado en CBB es de una versión considerablemente menor al de ARAUCO y esto influye bastante en el funcionamiento y costos tanto de instalación/mantenimiento, pese a que el primer filtro mencionado cumple con lo demandado por la empresa el segundo tiene características de un mayor avance en sus instalaciones y esto permite que el operador y por lo tanto la empresa pueda tener un mayor control sobre variables que quizás no se pensaban hace tan solo 20 años atrás.

Se Llevó a cabo un estudio del filtro electrostático instalado en Planta Cementos Biobío, y se propuso ya que era necesaria una mejora al sistema de control.

Se hizo una descripción del funcionamiento del filtro además de sus componentes principales.

Se analizaron y estudiaron los instrumentos más relevantes sobre todo del conjunto T/R, es aquí donde el análisis se concentró con mayor énfasis, ya que me di cuenta de que sin lugar a duda es el punto más fuerte de control y con más cosas que aprender.

6.2 RECOMENDACIONES

Ya realizada la comparación con el sistema de control instalado en Arauco se demuestra con tablas y datos que confirman las diferencias tanto de tamaño y eficiencia entre uno y otro son notorias. Sin lugar a duda SIR es uno de los sistemas de control más eficientes en el mundo y eso hace ver de mal forma al sistema de FLSmiljo, es por esto por lo que el aporte que realizará el estudio será la recomendación de mejora al sistema y eso es mediante la evolución y actualización de los equipos PIACS.

Se recomienda un nuevo modelo de FLSmiljo el PIACS DC4 el cual consta de todas las necesidades que la empresa solicita, además de mejorar la eficiencia general del proceso se gana una nueva forma de comunicación entre equipos ya se supera la barra de su antecesor el cual impedía la comunicación con otros equipos que fueran parte del circulo PIACS

BIBLIOGRAFÍA

Francia, Coignières. AUTOMATION 2000. Instrucciones técnicas DGPT 2 aparatos estándar. N° T/NOT-0326, 15 de diciembre del 2005.

Francia, Coignières. AUTOMATION 2000. Instrucciones técnicas generales, el conjunto de los productos. N° T/NOT-0327, 15 de diciembre del 2005.

Dinamarca, Copenhague. Instrucciones de la unidad de control piacs dc. Instrucción número 50024-01. [s.a.].

Dinamarca, Copenhague. Instrucciones de la unidad de control para alta tensión piacs dc. Instrucción número 50004-4. [s.a.].

Dinamarca, Copenhague. Electrostatic Precipitator Controller PIACS DC4. CM01-1742914-ENG

Comisión Nacional Del Medio Ambiente, Norma De Calidad Primaria para MP10. D.S. N° 59, 16 de marzo de 1998. Santiago, Chile.

Memoria de Precipitadores electrostáticos de la Ingeniería mecánica. buenos aires, Argentina. Universidad Tecnológica Nacional. 31 de octubre del 2006.

LINKOGRAFÍA

FLSMIDTH, Flsmidth [en línea]. 29 de junio del 2017. <http://www.flsmidth.com/en-US/Industries/Categories/Products/Air+Pollution+Control/Electrostatic+precipitator/PIACS+DC>

FLSMIDTH, Flsmidth [en línea]. 25 de agosto del 2017. <http://www.flsmidth.com/en-US/Industries/Categories/Products/Air+Pollution+Control/Electrostatic+precipitator/Coromax2>

FLSMIDTH, Flsmidth [en línea]. 25 de agosto del 2017. http://www.flsmidth.com/en-US/Industries/Categories/Products/Air+Pollution+Control/Electrostatic+precipitator/Electrostatic+precipitator

ANEXOS

ANEXO 1

iberica de aparellajes
Cno. del Mar, s/n. Tel. 34-96-145 20 46 Telefax 34-96-145 2210 Web: http://www.iberapa.es e-mail: iberapa@iberapa.es
E-46130 MASAMAGRELL (VALENCIA) ESPAÑA

ISO 9001 CERTIFIED

BLOQUE DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR TIPO D G P T 2

MODELO PATENTADO

APLICACION

Este aparato está destinado a proteger los transformadores estancos de llenado total, así como los transformadores equipados con censervador, tanto si el dieléctrico es un aceite, como un askarel o un aceite de silicona.

FUNCION DEL DGPT

1. En un transformador con dieléctrico líquido una avería interna provoca siempre un desprendimiento más o menos importante de gases, debido a la descomposición de los aislantes (líquidos o sólidos) debido a la acción del calor y del arco eléctrico. La primera función del DGPT es la de detectar el gas.
2. El DGPT detecta igualmente una bajada accidental del nivel del dieléctrico.
3. El DGPT indica toda presión excesiva en la cuba del transformador.
4. El DGPT indica igualmente mediante dos termostatos todo aumento de temperatura del dieléctrico. Un termostato actúa como alarma y el otro de desconexión.
5. La termperatura se lee en un termómetro, que bajo pedido puede estar equipado con un indicador de máxima.
6. La visualización del nivel del dieléctrico está indicada por un flotador independiente.
7. El DGPT está equipado, en su parte superior, de un tapón especial con grifo incorporado y una toma de muestras.

FUNCIONAMIENTO

1. **LLENADO DEL TRANSFORMADOR.**
El transformador se llenará con el dieléctrico de manera habitual. Se puede terminar el llenado por la parte superior del bloque de protección, siguiendo las indicaciones del constructor del transformador.
2. **DETECCION DE ESCAPE DE GASES.** Se efectúa en dos etapas:
• Visualización por flotador rojo en caso de un ligero descenso del nivel. • Acción eléctrica en caso de descenso importante del nivel.
3. **DETECCION DEL AUMENTO DE PRESION INTERNA.**
Está detectado por el presostato situado en la caja de conexiones eléctricas. El punto de funcionamiento es ajustable (siguiendo las indicaciones del constructor del transformador) de 100 a 500 Milibares (la sobrepresión admisible del bloque de protección es superior a 3 Bares).
4. **DETECCION DEL AUMENTO DE TEMPERATURA.**
Mediante 1 ó 2 termostatos independientes de dilatación de líquidos. Escala de reglaje: 30 a 120º C. Diferencial 5± 1º C. Precisión ± 3º C.
5. **INDICACION DE LA TEMPERATURA DEL DIELECTRICO.**
Indicada por un termómetro con sonda, situado en un pozo termométrico en el que están situados también, las sondas de los termostatos. El indicador está graduado de 30 a 120º C. Precisión ± 5º C.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Grado de protección (Norma Francesa NF C 20.010): IP 567. Contactos: Inversores Unipolares. **PODER DE CORTE:**

CORRIENTE ALTERNA							CORRIENTE CONTINUA					
OHMICO			INDUCTIVO				OHMICO			INDUCTIVO		
220 V	127 V	24 V	220 V	127 V	24 V	127 V	48 V	24 V	127 V	48 V	24 V	
3 A	3 A	3 A	2 A	2 A	3 A	1 A	2 A	3 A	1 A	2 A	2 A	DETECTOR DE GAS
5 A	5 A	5 A	3 A	3 A	3 A	1 A	3 A	5 A	1 A	2 A	4 A	PRESOSTATO
15 A	15 A	15 A	3 A	3 A	3 A	1 A	3 A	5 A	1 A	2 A	4 A	TERMOSTATO

LIMITES DE TEMPERATURA

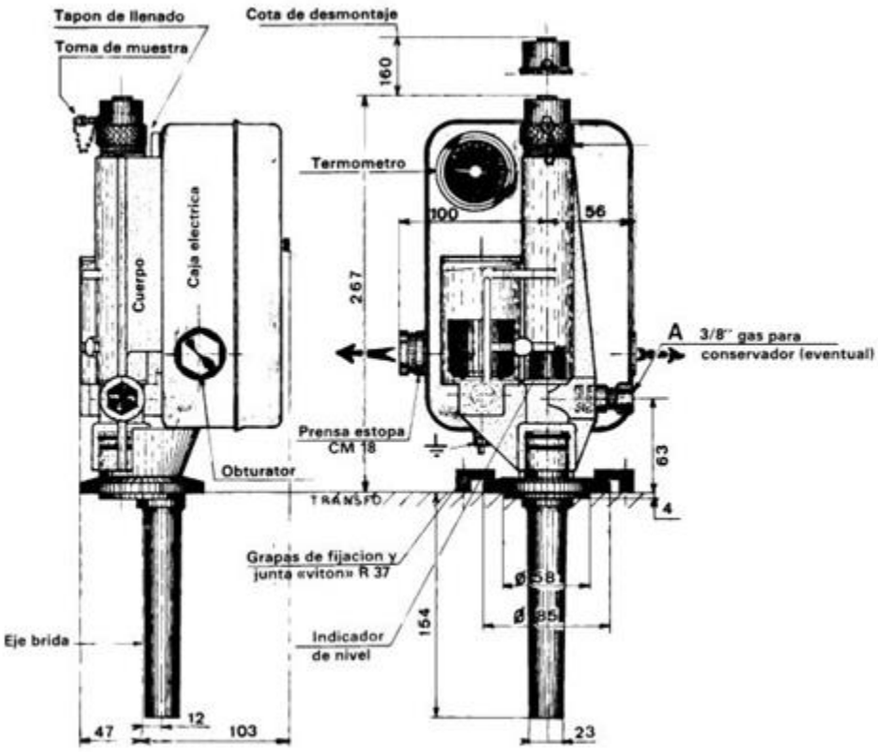
Superior a 120º C (Temperatura del dieléctrico).
Superior a 80º C (Temperatura ambiente).
El aparato DGPT resiste ambientes salinos, así como los rayos Ultra Violeta.

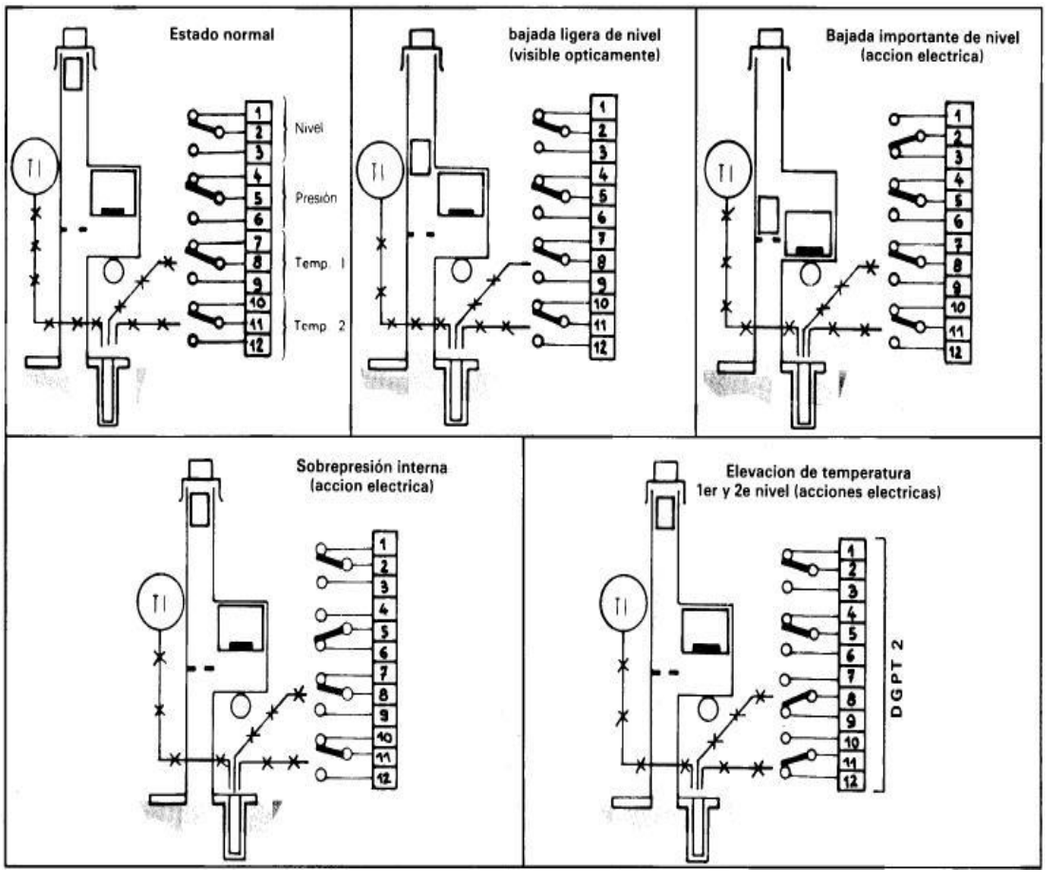
PRUEBAS

- Contacto del nivel: acercando un imán al centro del tubo situado en la parte inferior de la cuba.
- Presostato: llevando el punto de reglaje a O.
- Termostato: llevando el punto de reglaje al tope inferior.

NOTA

Para casos particulares, algunas de las características indicadas en este documento, pueden ser modificadas bajo demanda.
Existe un modelo del DGPT, con termómetro visible en el lado de la caja.


Tapon de llenado
Toma de muestra
Cota de desmontaje
160
Termometro
100
56
Cuerpo
Caja electrica
267
A 3/8" gas para conservador (eventual)
Prensa estopa CM 18
Obturator
63
4
Grapas de fijacion y junta «viton» R 37
ø 58
ø 85
154
Indicador de nivel
Eje brida
47
12
103
23


Estado normal
Nivel
Presión
Temp. 1
Temp. 2
bajada ligera de nivel (visible opticamente)
Bajada importante de nivel (accion electrica)
Sobrepresión interna (accion electrica)
Elevacion de temperatura 1er y 2e nivel (acciones electricas)
DGPT 2

ANEXO 2

One Source

Electrostatic Precipitator Controller PIACS® DC4

FLSmidth

Better technology, better user experience

PIACS® DC4 delivers

- **User experience like never before**
- **More efficient control strategies to meet environmental regulations**
- **Improved ESP voltage and current measurements**
- **Faster voltage recovery after sparks, improve emissions**
- **Modular, flexible system with up to 10 high voltage units, 90 rapping gears, 90 heaters and 2 purge-air units**
- **Built-in ESP manager for remote service**
- **Common parts for single and 3-phase high voltage systems**
- **Robust controller construction, increased reliability of components.**

The PIACS® control unit is well known as a powerful electrostatic precipitator (ESP) controller in industries where reducing emissions is a key goal. The microprocessor-based controller is programmed to optimise the corona power delivered to a precipitator bus section, react efficiently to process variations, and ensure outlet dust emissions remain low, even under challenging conditions.

With more than 4,000 ESP installations worldwide, FLSmidth provides high-quality, efficient air pollution control systems to help plants meet stringent environmental regulations in the most cost-efficient way.

By evolving the PIACS technology and improving user experience, FLSmidth has developed an enhanced ESP control unit for the future: PIACS DC4.

User experience now more intuitive
From the operator main menu, you can easily see the precipitator status and adjust all the high-voltage (HV), rapping gears, heating and purge-air systems, simply by tapping on the relevant icons. This provides you with detailed information and useful overviews to manage the system.

The screens you can access include:
- Troubleshooting
- ESP Controller panel
- Trend screen
- Alarm overview
- Current voltage curves
- Oscilloscope screen
- Communication status of the modules.

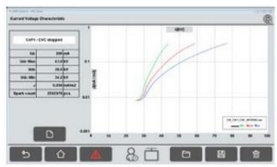
Unique internal measurement
Improved ESP voltage and current measurements are achieved via an internal measuring board in the terminal box of the high voltage rectifier. This improves the spark detection (detecting sparks that other¬wise might not have been detected) and provides the ability to react to real sparks, improving the ESP efficiency.

The benefits are faster, more efficient utilisation of installed power and, ultimately, even lower dust emission.

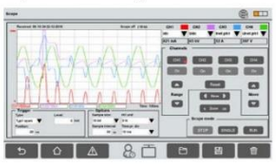
The PIACS DC4 screen provides you with a simple visual overview of the system's performance. It is easy to adjust fields and extract alarm information and event logs.

What's new?

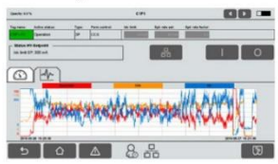
Help and troubleshooting menu



Current voltage curves



Oscilloscope



Trend log

User experience like never before

Clarity
Greater focus on functionality has motivated our design of the new PIACS DC4 HMI. Throughout the system, texts and figures are legible and appropriate at every size, and icons are precise and lucid.

Simplicity
A professional interface, distinct visual layers and seamless motion help the user understand and interact with system intuitively. Content is arranged perfectly across the entire screen.

Intuitive
Touch and discoverability heighten the user experience and enable access to functionality and additional content without losing context. Transitions provide a sense of depth as you navigate through content.

Best ESP control strategies

Improve performance
- Fast recovery after spark
- Adaptive spark rate control and relative setback at sparks
- New patent voltage recovery after spark method 'Residual Voltage Recovery'.

Save energy
- Built-in EMCS (energy management control system) for energy saving.

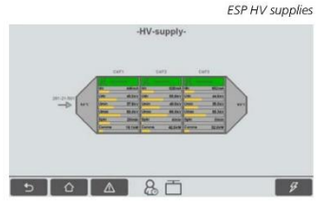
Avoid process fluctuations and back corona
- New stability monitor for ESP and process optimisation
- Automatic optimisation, including patent method for back corona detection
- Intermittent energisation, alternative resistivity mode
- Rapping control strategies, power off rapping, blocking, delay and queue between units.

Unique service facilities

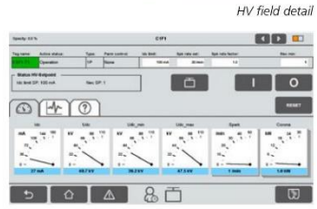
Maintain the HV system
- Built-in help, with troubleshooting tips
- Oscilloscope with 4 channels for service tasks
- Firmware update via USB port
- Communication link status, internal modules and to central control system (CCS) interface
- Self-diagnose tool for panel and I/O controller
- Manual control of firing angle/ESP current for testing
- Backup/restore system configuration.

Detect failures inside the ESP
- Current voltage curves (CVC), automatic or manual
- 4-channel trend log of all essential operating values
- Alarm log, and history log
- Eventlog, parameter and configuration
- Export CVC, Trend, Eventlog and scope data to ftp or USB memory
- Backup/restore rated and operation parameters
- Built-in ESP manager for remote support.

ESP HV supplies



HV field detail



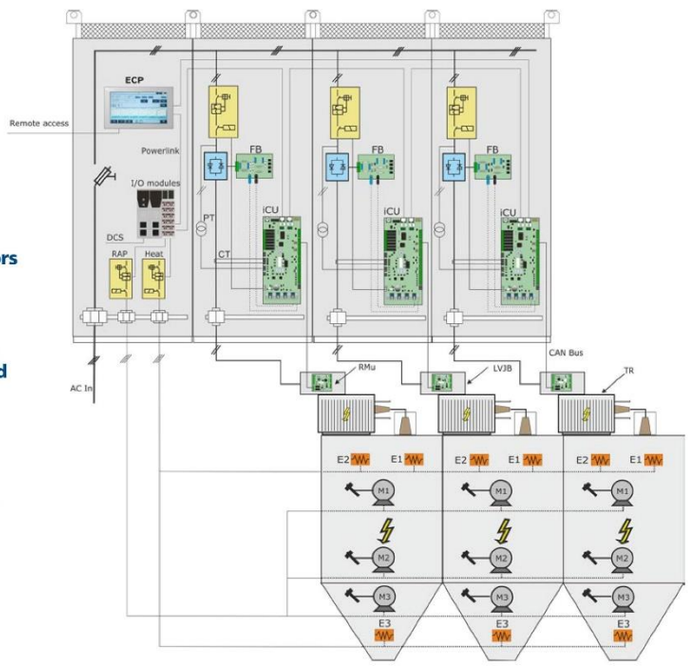
Custom-made systems

Modular system features

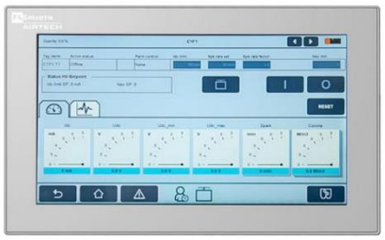
- **One common interface to control the complete ESP system**
- **Optionally, a Local Control Panel can be provided for each field**
- **Modular, flexible system with up to:**
  - **1 chamber**
  - **1 to 5 fields**
  - **1 to 2 bus-sections per field**
  - **10 DC rectifiers**
  - **90 rapping gears**
  - **90 heating units**
  - **2 purge-air units with optional heaters**
  - **Sub temperature monitors for heat group, PT100 sensor or thermostat**
- **Cost-efficient spare parts, common parts for one and three phase systems**
- **Increased electrical separation between SCR driver board and control board, using fiber optical separation.**

Modular flexibility
Our previous generations of PIACS controllers were built for each section of the ESP. But by using the PIACS DC4, which has an expandable I/O system, you are no longer bound to only three rapping and heating feeders. You can expand by up to 90 rapping gears and 90 heaters and two purge-air units – offering an almost limitless modular system.

Shared parts
In the PIACS DC4, almost all parts can be used in both single and three-phase T/R systems. This means you save on spare parts, keep track of fewer parts, and only require one order number. And, if necessary, it is easy to transition between single and three-phase T/R systems.



Key components



ECP Touch Panel

- 15,6" touch panel capacitive touch screen
- Common controller for one chamber
- Modular system supporting
- Built-in ESP manager for remote support
- High-speed data communication with slave nodes using Ethernet Powerlink.

iCU – intelligent Control Unit

- iCU supports both single and 3-phase systems
- Power controller for firing board up to 690V - 50/60Hz
- Fiber optical firing of the SCR unit(s) – electrical separation between iCU and firing board
- High voltage control & alarms (Analog or CANbus to rMU unit)
- For unit status and maintenance (7-segment LED for status indication or manual control of firing angle/current control).
- Service interface via serial USB
- Analog monitoring of SCR units and control cabinet temperature.

FB – Firing Board

- Single-phase firing board (3 phase systems use three 1-phase units)
- Mains voltage up to 690V, 50/60Hz
- No active power supply for driver circuits
- One fibre optical firing for both half-cycles of the line frequency
- Status fibre for line synchronisation and status of firing.

rMU – remote Measuring Unit

- High voltage control & alarms signals (CANbus to iCU unit)
- For unit status and maintenance (7-segment LED for status and Udc/Idc indication, 7-segment dot for spark indication)
- Include control for automatic grounding switch
- Service interface via serial USB port
- Electrical separation between T/R set and iCU/ECP.

Retrofitting existing control panels

Did you know?

- **FLSmidth has upgraded existing ESP control systems from all different manufacturers for the last 25 years, starting with the first generation of PIACS controller.**

  Over more than 40 years, the PIACS ESP control family has been installed in more than 4,000 APC installations worldwide.

Want to renovate your old controller?

- Limited spare parts availability?
- Supplier no longer present in the local market?
- Lack of technical support in your area?
- Old controllers with little or no optimisation or service features?
- Need an improvement of the ESP performance?

Upgrade or retrofit

The PIACS DC4 is available for a new ESP, or you can easily upgrade your existing controller. The system can be tailored according to your needs.

Alternatives

New control panel
Complete new panels delivered pre-cabled, pre-tested and CE certified; based on single-phase or three-phase HV systems.

PIACS DC4 control panels are completely customisable to match specific requirements:
- Single or individual incomers
- Mains breaker with door handle
- Up to 690V mains voltage
- Up to 100kA short circuit current
- Bottom or top cables entries
- Optional EMC filter, power socket, light and key interlocking system
- Parallel or serial interface with CCS (Profibus, Profinet, Modbus, Ethernet, DeviceNet, etc).

As an option, pre-cabled and pre-tested back panels can be delivered and installed in the existing cubicles.

Built-in retrofit
Delivery of retrofit kit parts with all required components for upgrading an existing panel with one-phase or three-phase thyristor control.

Existing electrical apparel in the panels are maintained, including T/R, rapping motors and heating systems feeders. Only key parts for new PIACS DC4 and I/Os installation are required.

Our electrical specialists will ensure that the new control system is properly installed in your existing ESP control panels. Built-in retrofits can be performed during maintenance stoppages or during operation, field by field.

FLSmidth

Proven results – measuring the effect of the Coromax® pulse system

One Source

The economical way to minimise fine particulate emissions

Reducing dust emissions

The economical way to minimise fine particulate emissions

Reducing dust emissions

For people working at or living close to some industrial production facilities, fine particle pollution can be a serious threat to personal health. Coal-fired power stations and sinter plants in particular emit particles that can have adverse effects on a person's respiratory and cardiovascular systems.

Today, facilities such as steel mills and power stations are required to limit their emissions of airborne particles to minimum levels. This places big demands on producers, who need to invest in appropriate equipment and adapt processes to comply with local requirements.

FLSmidth Coromax® pulse system

FLSmidth has developed an economical solution that is proven to minimise particulate matter emitted from coal-fired power plants. First launched in 1985, the Coromax® pulse system is a high-voltage power supply for electrostatic precipitators (ESPs). It can be installed quickly and easily as a simple replacement of the existing power supply.

With more than 500 units installed around the world, the Coromax system has become a preferred power supply for coal-fired power plants. Not only does it reduce emissions, but it also significantly enhances ESP performance and reduces overall power consumption.

"SINCE WE INSTALLED THE FLSMIDTH COROMAX PULSE SYSTEM AT OUR POWER BOILER, WE HAVE SIGNIFICANTLY REDUCED EMISSIONS OF EVEN THE SMALLEST PARTICULATE MATTER. WE ARE CONVINCED THE INVESTMENT IN COROMAX HAS BENEFITTED OUR BUSINESS."

Mr. Wu Laiguo, General Manager at
Heyuan Hopewell Power Station

How does it work?

You can expect a well-functioning ESP to collect particles bigger than PM2.5. But for particle sizes below this level, a system such as the Coromax pulse system is required.

The output of the Coromax pulse system is the sum of a variable DC high voltage pulse (up to 60kV) and a narrow high voltage pulse (up to 80kV lasting 75 microseconds). This generates a total pulse voltage of 140kV. The current output is low depending mainly on the DC base voltage. It is possible to operate the Coromax pulse system with DC energization and pulse operation. This makes it possible to study the effect of pulse operation.

The Coromax pulse system improves the collection of especially submicron particles in high resistivity processes by increasing the voltage level. Submicron particles acquire a much lower charge than larger particles. The 140kV pulse voltage doubles the value of conventional DC supply, and therefore significantly increases the collection efficiency of submicron particles.

High resistivity dust normally limits the maximum achievable voltage level as it leads to back corona and sparks. Since the Coromax pulse system operates with very narrow pulses, the total pulse voltage does not cause sparks or back corona – as would a conventional DC supply with the same output values. The sparks and back corona are avoided due to superimposing base voltage and narrow pulse voltage.

Successful track record

FLSmidth Airtech has successfully advised many facility owners on how to reduce particulate matter emissions from coal-fired power plants and sinter plants. For maximum benefit from the FLSmidth Coromax system, the existing ESP needs to be well maintained. FLSmidth specialists can inspect the ESP and present recommendations for upgrading the ESP, including improvements and modification of internal parts.

Recent studies in emission for ultra fine particles (below 0.1 µm) testify the effectiveness of the Coromax system.

Coromax in action

The Heyuan Hopewell Power Station in China's Guangdong Province runs two 600 MW coal-fired power boilers, each dedusted by two four-field ESPs from the Chinese manufacturer Longking. FLSmidth Airtech installed the Coromax pulse system on Field 3 and 4 on one boiler. Mr. Wu Laiguo, General Manager at Heyuan Hopewell Power Station is highly satisfied with the system's performance.

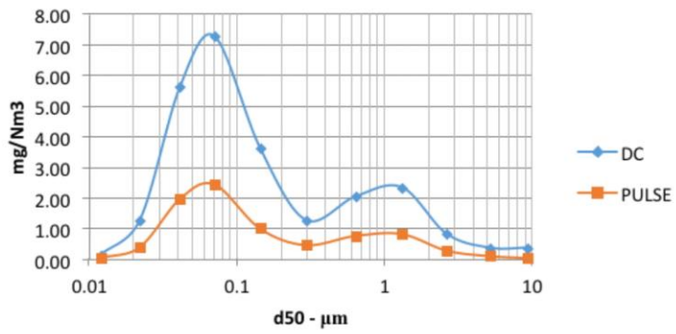
KEY BENEFITS OF THE COROMAX® PULSE SYSTEM

- Reduces emissions for even the finest particles
- Reduces capital expenditure
- Reduces power consumption
- Fast, easy installation for minimum downtime
- No additional environmental challenges
- Works with many different coal types

FLSmidth

Proven results

To measure the effect of the Coromax pulse system on particulate emissions compared with a traditional DC high voltage supply, tests were carried out at a sinter plant and a power plant.



ArcelorMittal Gent Sinter Plant, Belgium

Emission measurements were performed after the ESP where the Coromax pulse system was tested with DC energization and pulse operation. For measurements, a low-pressure impactor (LPI) was used with 11 stages. The collected particulate was divided into classes with cut diameters from 10 down to 0.01 µm. Emissions of all particle classes were decreased by ~66 percent with the Coromax pulse system.

CLASS	DC	PULSE	IMPROVEMENT
[um]	[mg/Nm³]	[mg/Nm³]	%
PM0.1	14.4	4.9	65.7 %
PM1.0	21.3	7.2	66.2 %
PM2.5	24.5	8.4	66.0 %
PM10	25.3	8.5	66.3 %

Heyuan Power Boiler, China

A recent study performed on a 600MW power boiler has revealed 73 percent reduction of PM0.1 emissions and total emission well below 5 mg/Nm³.

One Source

Project Centre Denmark
FLSmidth A/S, Airtech
Vigerslev Allé 77
DK-2500 Valby
Copenhagen
Tel: +45 3618 1000
Fax: +45 3630 1820
E-mail: apc@flsmidth.com

Project Centre USA
FLSmidth Inc.
2040 Avenue C
Bethlehem, PA 18017-2188
Tel: +1 610-264-6011
Fax: +1 610-264-6170
E-mail: info-us@flsmidth.com

Project Centre India
FLSmidth Private Limited
FLSmidth House
34, Egatoor, Kelambakkam
(Rajiv Gandhi Salai, Chennai)
Tamil Nadu – 603 103
Tel: +91-44-4748 1000
Fax: +91-44-2747 0301
E-mail: indiainfo@flsmidth.com

Copyright © 2016 FLSmidth A/S. ALL RIGHTS RESERVED. FLSmidth is a (registered) trademark of FLSmidth A/S. This brochure makes no offers, representations or warranties (express or implied), and information and data contained in this brochure are for general reference only and may change at any time.

www.flsmidthairtech.com