UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCION DE NAUTICA, MAQUINAS Y RADIOELECTRONICA NAVAL

TRABAJO FIN DE GRADO

OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN EN LA PLANTA DESALADORA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE

MANUEL ALBERTO PEROZA RAMOS

JULIO 2016

DIRECTOR/ES

JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

MARIA DEL CRISTO ADRIÁN DE GANZO

D. José Agustín González Almeida, Profesor Asociado del área de conocimiento de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Manuel Alberto Peroza Ramos, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: "OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN EN LA PLANTA DESALADORA SANTA CRUZ DE TENERIFE".

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 20 de julio de 2016.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

Dª. María del Cristo Adrián de Ganzo, Profesora Asociada del área de conocimiento de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Manuel Alberto Peroza Ramos, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: "OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN EN LA PLANTA DESALADORA SANTA CRUZ DE TENERIFE".

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 20 de julio de 2016.

Fdo.: María del Cristo Adrián de Ganzo.

Director del trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES VI

GLOSARIO DE TÉRMINOS..... VII

RESUMEN 1

ABSTRACT 2

OBJETIVOS 3

1. INTRODUCCIÓN 4

Desalación de agua de mar. 4
Sistemas de desalación 5
Desalación en Canarias. 6
Mantenimiento industrial. 8
Sistema predictivo. 9
Sistema preventivo. 10
Sistema correctivo. 10
Análisis y evaluación de fallos. 11

2. METODOLOGÍA 12

3. PLANTA DESALADORA S/C DE TENERIFE..... 13

4. RECORRIDO DEL AGUA 14

5. OPERACIONES EN LA DESALADORA..... 19

Cuarto de bombeo hacia la ciudad: 20
Cuarto de la cal: 20
Filtros de arena: 21
Válvula de seguridad: 21
Punto limpio: 22
Cuarto de reactivo: 22
Cuarto CCM mar: 23
Nave de producción del agua salada en agua potable: 23
Cuarto del dispersante y la limpieza química y desplazamiento: 23
CCM2 y CCM3: 24

6. GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO. 25

7. AVERÍAS COMUNES 26

Bomba de hipoclorito. 26
Interrumpibilidad de la corriente eléctrica. 27
Transformador de alta. 28
Bomba de agua de mar. 29
Motor del extractor de aire 30
Variador de la bomba de mar 3. 31

Reparación de taladro 32
Bomba de ciudad. 33
Sustitución filtros de cartucho. 34
Válvula antirretorno. Bomba de ciudad. 35
Cambio de membranas entre filtros del bastidor 36
Avería compresor. 37
Avería Turbobomba. 38
Batería de condensadores. 39
Bomba de mar. 40
Avería válvula VC03A 41
Colector bomba de mar. 42

CONCLUSIONES 43

BIBLIOGRAFÍA 44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Generaciones en el mantenimiento y objetivos perseguidos. Fuente: http://www.cge.es/ 9

Ilustración 2. Evolución de las técnicas de mantenimiento. Fuente: http://www.cge.es....10

Ilustración 3. Plano planta desaladora. Fuente: Desaladora de Santa Cruz de Tenerife....14

Ilustración 4. Bombas de agua del mar (programa de operación). Fuente: Elaboración propia..15

Ilustración 5. Filtros de arena primera etapa (programa de operación). Fuente: Elaboración propia. 15

Ilustración 6. Filtros de arena segunda etapa (programa de operación). Fuente: Elaboración propia. 16

Ilustración 7. Filtros de cartucho (programa de operación). Fuente: Elaboración propia. 16

Ilustración 8. Turbobombas y bastidores (programa de operación). Fuente: Elaboración propia. 17

Ilustración 9. Deposito total de agua tratada y bombeo de ciudad (programa de operación). Fuente: Elaboración propia....18

Ilustración 10. Cuarto de la cal (programa de operación). Fuente: Elaboración propia....20

Ilustración 11. Filtros de arena. Fuente: Elaboración propia. 21

Ilustración 12. Válvula de seguridad. Fuente: Elaboración propia. 22

Ilustración 13. Cuarto de los reactivos (programa de operación). Fuente: Elaboración propia. ..22

Ilustración 14. CCM2 y CCM3. Fuente: Elaboración propia. 24

Ilustración 15. Bomba de Hipoclorito. Fuente: Elaboración propia. 26

Ilustración 16. Transformador de alta. Fuente: Elaboración propia....28

Ilustración 17. Motor del extractor de aire. Fuente: Elaboración propia. 30

Ilustración 18. Variador de la bomba de mar. Fuente: Elaboración propia....31

Ilustración 19. Reparación de taladro. Fuente: Elaboración propia. 32

Ilustración 20. Entrada y salida analógica de la bomba de ciudad. Fuente: Elaboración propia. 33

Ilustración 21. Filtro de cartucho. Fuente: Elaboración propia....34

Ilustración 22. Válvula antirretorno. Fuente: Elaboración propia. 35

Ilustración 23. Cambio de membranas en los bastidores. Fuente: Elaboración propia....36

Ilustración 24. Compresor. Fuente: Elaboración propia. 37

Ilustración 25. Osmamatic. Fuente: Elaboración propia....38

Ilustración 26. Batería de condensadores. Fuente: Elaboración propia. 39

Ilustración 27.Bomba de mar. Fuente: Elaboración propia. 40

Ilustración 28. Válvula VC03A. Fuente: Elaboración propia. 41

Ilustración 29. Codo. Fuente: Elaboración propia....42

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Desalinización	Proceso mediante el cual se elimina la sal del agua de mar o salobre.
Osmosis inversa	Fenómeno físico relacionado con el movimiento de un solvente a través de una membrana semipermeable.
Membrana semipermeable	Membrana que permitirá que ciertas moléculas o iones pasen a través de ella por difusión, y ocasionalmente especializada en "difusión facilitada".
Bomba de mar	Elemento que se utiliza para la aspiración del agua de mar.
Bomba de ciudad	Elemento que se utiliza para llevar el agua de la planta a los demás depósitos de agua.
Filtro de arena	Elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño.
Filtro de cartucho	Consiste en hacer circular, mediante presión, un fluido por el interior de un portacartuchos en el que se encuentran alojados los cartuchos filtrantes. El fluido atraviesa el cartucho filtrante dejando en éste retenidos todos los contaminantes seleccionados.
Agua de salmuera	Agua con una alta concentración de sal (NaCl) disuelta.
Turbina	Máquina que consiste en una rueda en el interior de un tambor provista de paletas curvas sobre las cuales actúa la presión de un fluido haciendo que esta gire.
Cuba de lechada	Depósito con alta concentración en cal.
Cal	Término que designa todas las formas físicas en las que puede aparecer el óxido de calcio.

CO_2	Gas incoloro, inodoro y vital para la vida en la Tierra (se tiene en estado líquido por medio de la presión).
Electrolitos	Cualquier sustancia que contiene iones en su composición orbitando libres, los que le ayudan a comportarse como un conductor eléctrico.
Bastidores	Elemento con una serie de filas y columnas de tubos donde se alojan los filtros con membranas semipermeables para la realización de la ósmosis inversa.
Bomba de hipoclorito	Elemento encargado de llevar el cloro del depósito a la salida del agua hacia los demás depósitos.
Interrumpibilidad	Corte de la luz con aviso de Unelco.
TBB	Turbobomba. Es una turbo máquina formada por dos componentes básicos: una bomba rotodinámica y una turbina de gas propulsora. A menudo están montadas solidarias sobre el mismo eje, pero que también pueden ir engranadas. El objetivo de una turbobomba es generar un flujo de un fluido, generalmente líquido, a presión para alimentar una cámara de combustión u otro dispositivo.
Compresor	Aparato que sirve para reducir a menor volumen un líquido o un gas por medio de la presión.
Silo	Lugar donde se echan los sacos de cal.
Rascadores	Elementos que mueven y rompen la cal.
Desplazamiento con agua	Maniobra que se utiliza cuando el bastidor se va a parar que se basa en hacer pasar el agua por un periodo de 15-20 min y dejar el bastidor lleno de agua dulce.
Dispersante	Sustancia que facilita la dispersión de ciertas partículas que un líquido contiene en suspensión.

Disyuntor	Aparato eléctrico que abre automáticamente el paso de la corriente eléctrica.
Magnetotérmico	Dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos.
Relé	Dispositivo electromagnético que, estimulado por una corriente eléctrica muy débil, abre o cierra un circuito en el cual se disipa una potencia mayor que en el circuito estimulador.
Condensador	Componente eléctrico para aumentar la capacidad eléctrica y la carga sin aumentar el potencial, que consiste en dos conductores (armaduras) separados por un dieléctrico o medio aislante.
Sonda de temperatura	Dispositivo que, por medios mecánicos o eléctricos, transmite de un lugar (emisor) a otro (receptor) la temperatura del emisor.
Presostato	Aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.
Bomba de achique	Elemento encargar el agua que se encuentra depositada en algún sitio.
Variador	Elemento que recoge las revoluciones, hertzios, temperatura, y demás parámetros de las bombas.
Electroválvula	Válvula que, por medio de un electroimán, regula el caudal de un líquido.
Contactor	Interruptor automático que sirve para restablecer los enlaces entre distintos circuitos o aparatos eléctricos.
Caudalímetro	Instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico.

Fusible	Componente eléctrico hecho de un material conductor, generalmente estaño, que tiene un punto de fusión muy bajo y se coloca en un punto del circuito eléctrico para interrumpir la corriente cuando esta es excesiva.
Rodamiento	Cojinete que consta de dos cilindros concéntricos entre los que va colocado un juego de rodillos o bolas que pueden girar libremente.
Tubo fuera de rango	Cuando un tubo del bastidor tiene una alta conductividad.
Manómetro	Instrumento para medir la presión de los fluidos, principalmente de los gases.
Osmamatic	Válvula con tarjetas electrónicas de la turbina y también de control de aspiración y descarga que abre automáticamente depende de la intensidad.
Batería de condensadores	Un elemento que mete una energía capacitiva que contrarresta la inductiva se suele poner en el embarrado general del cuadro de distribución de baja tensión que pasa la intensidad de todo el circuito de baja tensión. Al tener una potencia útil se genera una reactiva (inductiva) y se tiene que compensar esa potencia, esa energía no sirve para nada y al anular mejoran todos los demás elementos.

RESUMEN

Actualmente, la desalación para obtener agua dulce es un campo muy importante y en pleno desarrollo, ya que de los recursos naturales es uno de los más escasos, sin embargo con las desaladoras, podemos ampliar dicho rango ya que el mar contiene el 98% del agua total del planeta.

Existen varias formas de desalinizar el agua salada, de las cuales destacan:

- Desalinización por ósmosis inversa,
- Desalinización por destilación,
- Desalinización por congelación,
- Desalinización mediante evaporación relámpago,
- Desalinización mediante formación de hidratos y
- Electrodiálisis.

España es el quinto país con mayor número de desaladoras del mundo con al menos 900, se le da mucha importancia a un bien tan preciado.

Durante mi periodo de prácticas en la desaladora de Santa Cruz de Tenerife, he podido participar de las labores de mantenimiento que una planta de estas características precisa para alcanzar un funcionamiento adecuado para abastecer a la población de agua, con un rendimiento óptimo.

De las distintas tareas de mantenimiento y reparación llevadas a cabos durante los dos meses que pasé en la misma, expondré aquellas de mayor interés y que presentan unas características que nos permiten observar como es el trabajo en plantas de una importancia determinante como ésta desaladora tiene.

ABSTRACT

Currently, desalination of ocean water to obtain fresh water is a very important and rapidly developing field because from natural sources fresh water is a limited resource, however with desalination plants, we can extend that range as the sea contains 98% of the total water on the planet.

There are several ways to desalinate seawater, which include:

- Reverse osmosis desalination,
- Desalination by distillation,
- Freezing desalination,
- Desalination by flash evaporation,
- Desalination by hydrate formation, and
- Electrodialysis.

Spain is the fifth country in the list with more desalination plants in the world with almost 900, is given much importance to such a precious resource.

During my internship in the desalination plant in Santa Cruz de Tenerife, I was able to participate in the maintenance of a plant of this kind, needed to achieve proper operation to supply water to the population, with optimal performance.

Of the various maintenance and repair tasks completed during the two months I spent in it, I will discuss about those with the greatest interest and who have characteristics that allow us to see how is the work in this type of plants with decisive importance as it has desalination plant.

OBJETIVOS

Los objetivos perseguidos a la hora de desarrollar este trabajo de fin de grado, son los recogidos a continuación:

1. Conocer características planta desaladora de S/C. de Tenerife.
2. Conocer recorrido del agua en cada etapa.
3. Operaciones en la desaladora.
4. Estudiar mantenimiento mecánico y eléctrico.
5. Conocer averias comunes.

1. INTRODUCCIÓN

En esta introducción queremos exponer de manera breve en que consiste el aprovechamiento del agua de mar, mediante procesos de desalación, centrándonos en el ámbito de Canarias principalmente y la desaladora de Santa Cruz de Tenerife particularmente.

En octubre de 2001 el ministro de Medio Ambiente inauguró esta desaladora que supone un gran avance para el abastecimiento de la isla. Diseñada para lograr una producción superior a los 20.000 metros cúbicos diarios, asegura el suministro de agua a 80.000 personas, lo que representa una tercera parte de la población total de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife.

El proceso que se lleva a cabo para la desalinización es la ósmosis inversa es, hoy por hoy, la técnica más eficiente para lograr producir agua dulce a partir de agua salada. Básicamente consiste en hacer circular agua salada a alta presión a través de una membrana semipermeable que rechaza la práctica totalidad de las sales disueltas, por lo que obtenemos agua casi destilada, de tal pureza que debe ser remineralizada para permitir el consumo humano.

Desalación de agua de mar.

La desalación de agua de mar es un proceso que nos va permitir aprovechar este recurso para el consumo humano, mediante la eliminación del contenido salino de este medio.

El principal parámetro que debemos conocer para ello, es pues la salinidad, que se defino como:

"propiedad importante de aguas usadas industriales y de cuerpos de agua naturales. Originalmente este parámetro se concibió como una medida de la cantidad total de sales disueltas en un volumen determinado de agua. Dado que la determinación del contenido total de sales requiere de análisis químicos que consumen mucho tiempo, se utilizan en substitución métodos indirectos para estimar la salinidad. Se puede determinar la salinidad de un cuerpo de agua a base de

determinaciones de: conductividad, densidad, índice de refracción ó velocidad del sonido en agua". (Massol-Deyá 2002) *.*

Por tanto, la podemos definirla también como *"un proceso de separación de sales de una disolución acuosa, pero que puede ampliarse al proceso de separación del agua de las sales, ya que existen tecnologías que realizan este proceso y el fin último a perseguir es la separación de ambos componentes para uso humano del agua dulce producto".* (Hispagua 2002)*.*

Sistemas de desalación

Para llevar a cabo el proceso de desalación de aguas marinas o salobres continentales, se pueden utilizar diversos métodos o sistemas, que se pueden dividir principalmente en tres grupos principales (Hispagua 2002):

Procesos de destilación:

Entre los cuales destacan

- ***Destilación térmica:*** El proceso de destilación precisa de energía que se obtiene mediante la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo, etc.)
- ***Compresión de vapor:*** utiliza un compresor adiabático que consigue dos sectores de diferente presión, de tal manera que se genera un flujo de vapor desde el sector de mayor presión y temperatura de condensación hacia el inferior, lugar donde se produce la condensación.
- ***Destilación solar:*** adecuada para pequeñas comunidades en regiones áridas o semiáridas. Tiene dos variantes según utilice la energía del sol directamente o por captura del sol por mediante células solares.

Congelación: el agua salina se ve sometida a diversos sistemas de refrigeración para posteriormente evaporar a baja presión en un cristalizador al vacío. Así se obtienen cristales de hielo mezclados con cristales de salmuera que pueden ser separados mediante procesos mecánicos.

Procesos de membrana: de gran difusión en la actualidad. Hay dos tipos básicos:

- **Ósmosis inversa:** mediante la aplicación de presión mecánica se logra contrarrestar la presión osmótica natural, de forma que el agua fluye desde la zona con mayor concentración de sales a la de menor concentración hasta obtener agua pura.

- **Electrodiálisis:** separación iónica a través de una serie de membranas situadas sucesivamente y separadas entre sí milímetros. La aplicación de campos eléctricos genera la migración de iones que pasan por estas membranas que actúan como tamices.

Desalación en Canarias.

Para conocer como es el negocio de la desalación de agua de mar en Canarias, podemos acudir a diversos recursos, como por ejemplo la web que al efecto tiene disponible el Gobierno de Canarias, de la cual extraemos la siguiente información (Gobierno de Canarias 2016):

La primera planta desaladora de agua de mar en el territorio español data del año 1964 siendo instalada en la isla de Lanzarote, con una producción diaria de 2.500 m3 de agua potable. La expansión económica experimentada por las islas orientalesm con pocos recursos hídricos y escasas lluvias durante el año, no hubiera sido posible sin la implantación de plantas desalinizadoras, que abastecieran no sólo a la población, sino a la demanda de agua potable de un cada vez más creciente turismo. Canarias cuenta con 281 plantas desaladoras en la provincia de Las Palmas y 46 en la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

En la siguiente tabla, podemos ver la distribución de plantas y la producción de las mismas, para el abastecimiento de la población:

Tabla 1 Desalación en Canarias. Distribución y producción por islas. Fuente: Gobierno de Canarias.

DESALACIÓN

	Nº Desaladoras	Públicas	Privadas	Producción
TENERIFE	44	5	36	118.143
GRAN CANARIA	137	11	126	336.195
FUERTEVENTURA	64	4	60	65.049
LANZAROTE	80	0	80	62.570
LA GOMERA	1	0	1	4.100
EL HIERRO	4	4	0	2.000
LA PALMA	0	0	0	0

En Total:

- 281 Plantas desaladoras en la provincia de Las Palmas.
- 46 Plantas desaladoras en la provincia de Santa Cruz de Tenerife

Tabla 2. Desalación en Canarias. Costes y sistemas de desalación. Fuente: Gobierno de Canarias.

	Coste Aprox mar	Coste Aprox salobre	Osmosis inversa	Electro diálisis reversible
TENERIFE	39.979.800	23.619.600	24	9
GRAN CANARIA	167.769.000	32.126.000	117	10
FUERTEVENTURA	37.072.000	3.844.000	56	0
LANZAROTE	45.167.500	9.600	53	0
LA GOMERA	1.400.000	0	1	0
EL HIERRO	2.870.000	0	4	0
LA PALMA	0	0	0	0

Tabla 3. Desaladoras en Canarias. Producción y consumo energético. Fuente: Gobierno de Canarias.

	VOLUMEN TOTAL AGUA DESALADA HM3/AÑO	CONSUMO ENERGETICO
TENERIFE	18,0	4%
GRAN CANARIA	77,1	13%
FUERTEVENTURA	11,9	18%
LANZAROTE	16,9	14%
LA GOMERA	0	0%
EL HIERRO	0,5	10%
LA PALMA	0	0%

Como podemos observar, las islas orientales son las que destinan un mayor porcentaje de su producción eléctrica a la desalinización de agua, destacando Gran Canaria sobre el resto, al contar con una población muy superior. Únicamente La Gomera y La Palma no precisan de plantas de desalinización al tener cubiertas sus necesidades.

Mantenimiento industrial.

De un correcto Mantenimiento va a depender, además del funcionamiento eficiente de las instalaciones, también es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como son el control del ciclo de vida de las instalaciones, sin disparar los presupuestos destinados a mantenerlas (Palomino 2016).

La evolución del mantenimiento se podría estructurar en las cuatro siguientes generaciones (Salas 2015):

- **1ª generación**: Mantenimiento correctivo total. Se espera a que se produzca la avería para reparar.
- **2ª generación**: Se empiezan a realizar tareas de mantenimiento para prevenir averías. Trabajos cíclicos y repetitivos con una frecuencia determinada.
- **3ª generación**: Se realizan seguimientos de ciertos parámetros, en función de los cuales se efectuarán los trabajos propios de sustitución o reacondicionamiento de los elementos.

- **4ª generación**: Se implantan sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y, de la organización y ejecución del mantenimiento. Se establecen los grupos de mejora y seguimiento de las acciones.

Ilustración 1. Generaciones en el mantenimiento y objetivos perseguidos. Fuente: http://www.cge.es/

Asimismo, podemos definir distintos tipos de mantenimiento que podemos aplicar en la industria:

Sistema predictivo.

Consiste en la monitorización de la instalación con la finalidad de obtener una indicación de la condición o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada con seguridad y economía.

- **Vigilancia de máquinas**. Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.

- **Protección de máquinas.** Su objetivo es evitar fallos catastróficos. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.

- **Diagnóstico de fallos**. Su objetivo es definir cuál es el problema específico. Pronóstico de la esperanza de vida. Su objetivo es estimar cuánto tiempo más podría funcionar la máquina sin riesgo de un fallo catastrófico.

Sistema preventivo.

Aquí se muestra la importancia de prevenir antes de corregir, ya que de esta manera podemos evitar costos mayores, no solo con el posible fallo de una instalación y su correspondiente reparación, sino también la pausa de la producción.

Sistema correctivo.

Esta sección describe un método de evaluación multivariable desarrollado para la clasificación, evaluación y análisis de fallos ocurridos en el área de los Sistemas de Protección y Control.

Propone conceptos de clasificación de fallos según gravedad y equipo afectado. Analiza el proceso, de Mantenimiento Correctivo y desarrolla técnicas para la evaluación de los tiempos y costos asociados a las intervenciones.

Ilustración 2. Evolución de las técnicas de mantenimiento. Fuente: http://www.cge.es

Análisis y evaluación de fallos.

Es importante durante el proceso de mantenimiento de cualquier planta industrial o equipo, un análisis pormenorizado de las averías, así como una evaluación exhaustiva de los fallos.; con ello, podremos establecer bases conceptuales para el análisis sistemático de la información recabada.

Es de vital importancia la obtención de indicadores de gestión técnica tales como tasas de fallo, modo de fallar, tiempo hasta que se produce la avería y otros de importancia para la proyección de la actividad.

Esta información debe permitir, mediante el análisis sistemático, la adopción de decisiones técnicas oportunas respecto al reemplazo de equipos, requerimientos de Mantenimiento Preventivo o Predictivo y adquisición de equipos para futuras instalaciones.

Obtener información clasificada que permita el modelamiento futuro de la muestra, mediante la aplicación de un modelo estadístico acorde con la naturaleza y distribución de los datos obtenidos.

2. METODOLOGÍA

A la hora de desarrollar los contenidos de éste Trabajo de Fin de Grado, en base a los objetivos expuestos anteriormente, decidí llevar a cabo el siguiente plan de trabajo:

Lo primero que planteamos era conocer el método que se utilizaba para la desalinización en la desaladora de S/C de Tenerife. Una vez conocido, se profundizó en el estudio de dicho proceso y se explicó detalladamente.

Posteriormente descubrí el recorrido que realiza el agua de mar por los diferentes elementos de la desaladora (filtros de arena, cartucho, bastidores, etc.)

Otro aspecto importante en la desaladora es como se trabaja en ella y los operarios que la llevan, tanto el número del personal, como las horas y días que trabajan, además de todos los procedimientos que tienen que realizar diariamente y a unas horas específicamente determinadas.

Una pieza fundamental en la desaladora es el mantenimiento eléctrico y mecánico, estas personas son las encargadas de que la planta funcione correctamente todos los días del año, realizando mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos.

Para finalizar, veremos una serie de averías que surgen en la planta desaladora.

3. PLANTA DESALADORA S/C DE TENERIFE

El método de desalación que se utiliza en la desaladora de S/C de Tenerife es el de la ósmosis inversa.

La ósmosis inversa es, hoy por hoy, la técnica más eficiente para lograr producir agua dulce a partir de agua salada. Básicamente consiste en hacer circular agua salada a alta presión a través de una membrana semipermeable que rechaza la práctica totalidad de las sales disueltas, por lo que obtenemos agua casi destilada, de tal pureza que debe ser remineralizada para permitir el consumo humano.

Además, está considerada como el proceso más rentable para desalar agua del mar. Su consumo de energía es inferior al de otros procesos, requiere menos superficie para su implantación y es totalmente respetuosa con el medio ambiente.

Las membranas de ósmosis inversa tienen las características de hacer una limpieza continua mientras trabajan, porque de no ser así, sufrirían una acumulación de contaminantes y una saturación en poco tiempo, por lo que parte del flujo de agua entrada arrastra las sales y minerales.

Una membrana de ósmosis inversa en un equipo correctamente diseñado, la duración puede ser entre 3 a 5 años. Es importante hacer los mantenimientos periódicos con químicos para limpieza de membranas, siguiendo los consejos del fabricante.

4. RECORRIDO DEL AGUA

Funcionamiento de la desaladora:

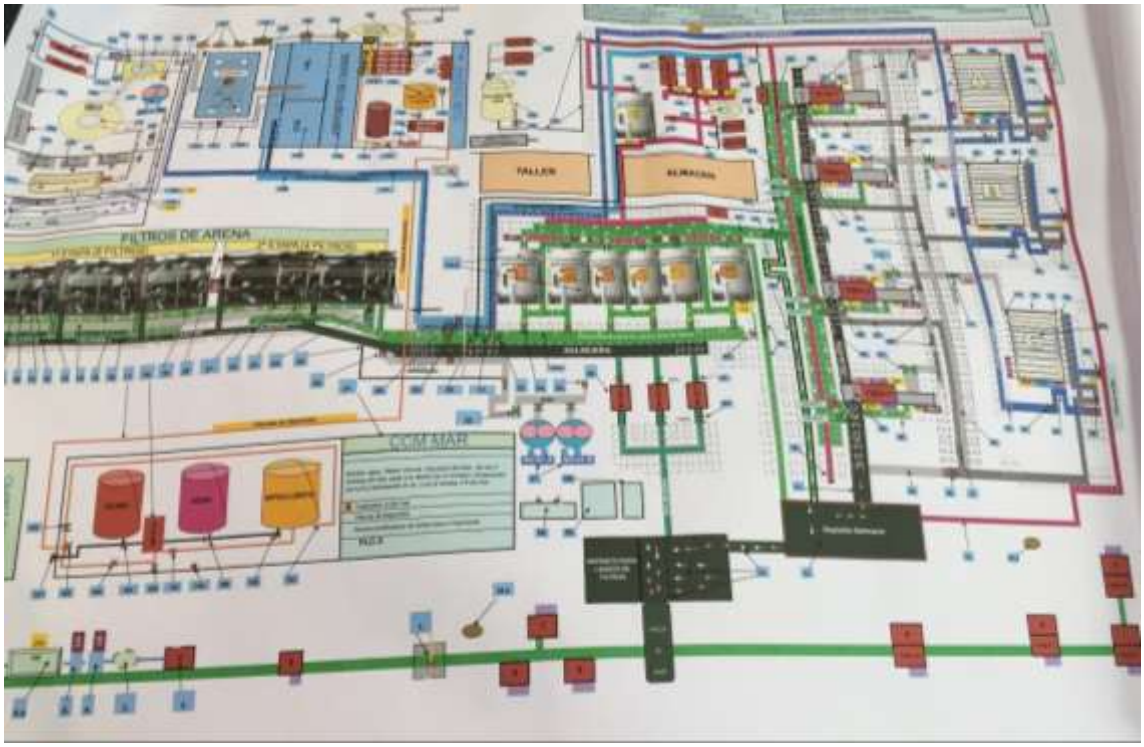

Ilustración 3. Plano planta desaladora. Fuente: Desaladora de Santa Cruz de Tenerife.

Se realiza la aspiración de agua salada por las bombas de mar; si el agua del mar estuviese contaminada se trataría químicamente pero se realizaron unos estudios y está en perfectas condiciones, no se realiza este proceso.

Ilustración 4. Bombas de agua del mar (programa de operación). Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente el agua pasa por unos filtros de arena que tiene una primera y una segunda etapa, la primera consta de 8 y la segunda de 4 se busca filtrar más el agua en una etapa y otra. Lo que se busca con éste procedimiento es tratar de eliminar los sedimentos e impurezas más grandes arrastrados por el agua de mar.

Ilustración 5. Filtros de arena primera etapa (programa de operación). Fuente: Elaboración propia.

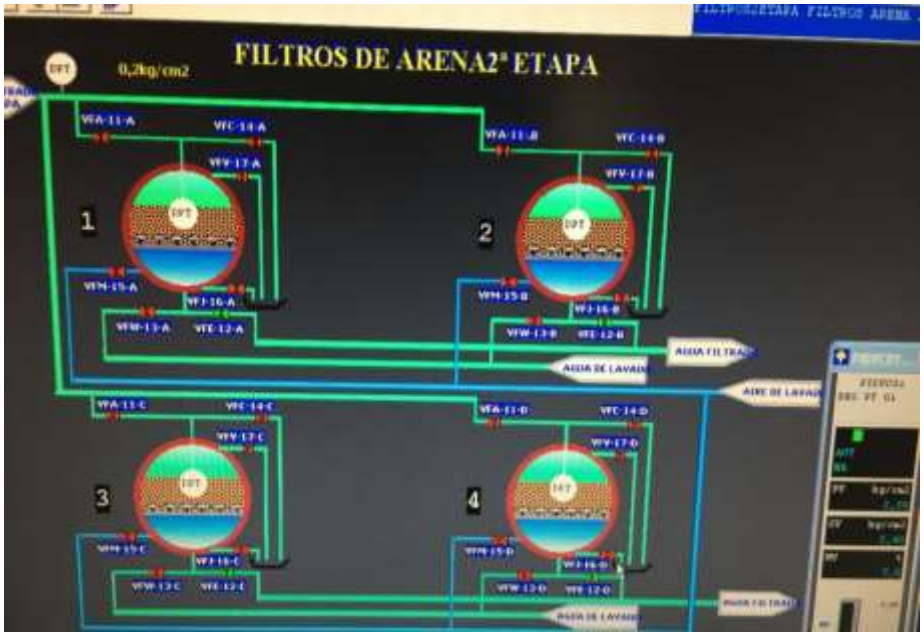

Ilustración 6. Filtros de arena segunda etapa (programa de operación). Fuente: Elaboración propia.

El tercer paso son los filtros de cartucho, tiene como objetivo de eliminar hasta las impurezas de 5 micras.

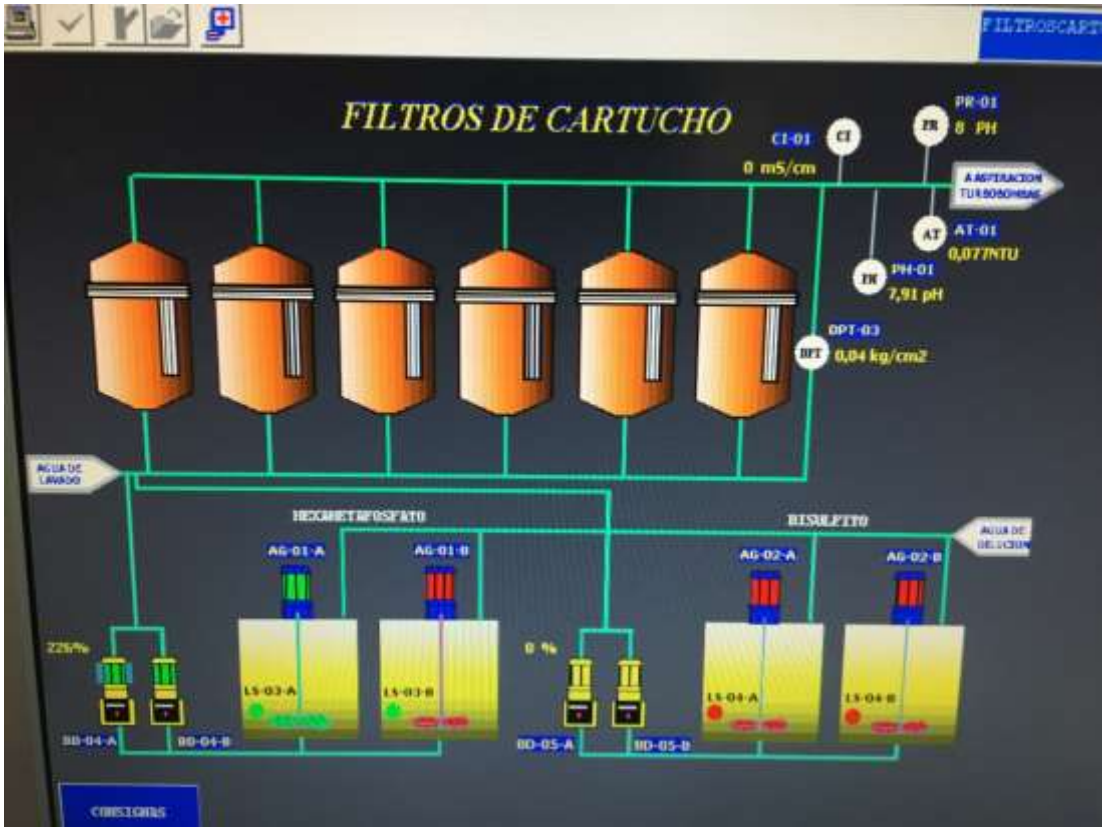

Ilustración 7. Filtros de cartucho (programa de operación). Fuente: Elaboración propia.

Luego el agua se dirige hacia las electrobombas las cuales aceleran el flujo en un rango de entrada de 2 bares y un rango de salida de 60 bares.

El siguiente elemento de recorrido del agua son los bastidores que es donde se elimina los últimos restos debido al proceso de la osmosis inversa y sale el agua limpia a una presión de 0.2 bares(baba)(permeado), pero también sale el agua de rechazo o salmuera(tiene 2 recorridos, la primera se dirige a la turbina que transforma la energía mecánica en hidráulica y se vuelve a introducir en la turbobomba y la otra sale por el colector de rechazo y se dirige a un depósito de salmuera.(Esa agua se salmuera sirve para limpiar los filtros de arena y la restante se devuelve al mar).

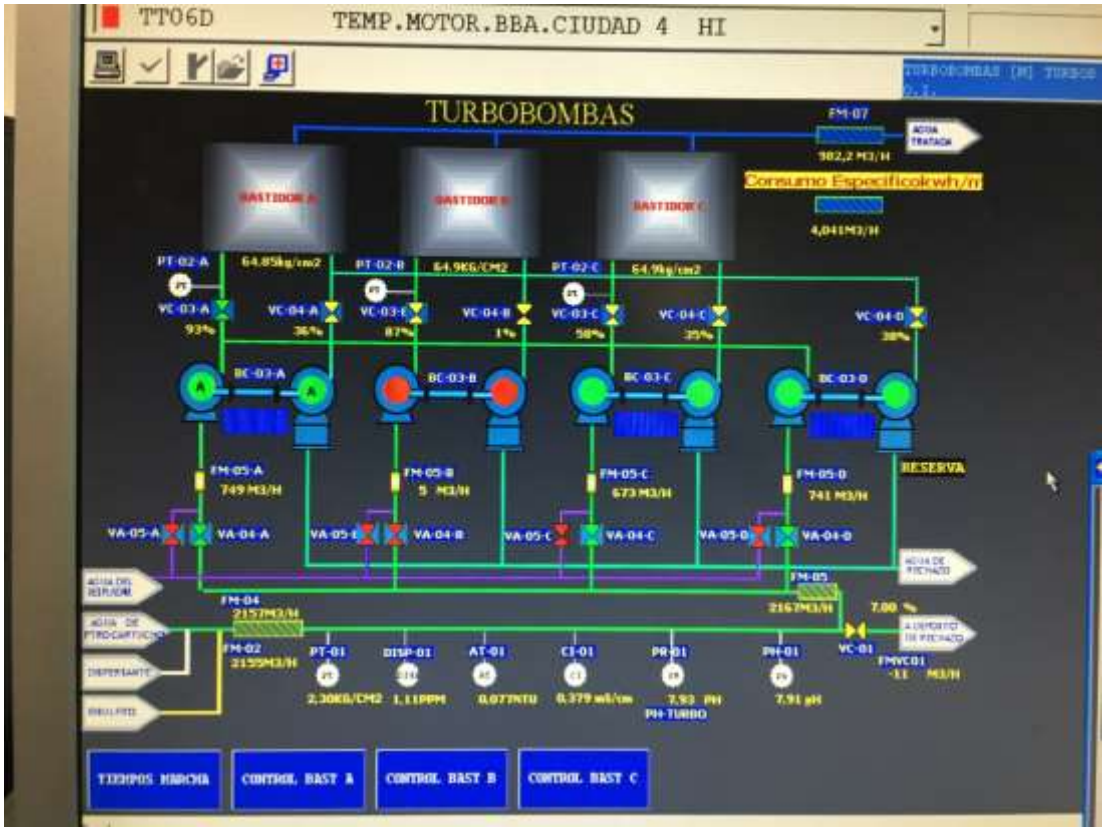

Ilustración 8. Turbobombas y bastidores (programa de operación). Fuente: Elaboración propia.

Uno de los últimos pasos es el tratamiento de cal y CO_2, en el tratamiento de la cal primero pasa por el cubo de la lechada(cal con un poco de agua, una alta concentración) y ya luego se pasa al tanque más grande por encima(desborde) el agua con la cal y el CO_2 se hace la mezcla en un tanque a parte y se le inyecta por debajo, posteriormente se mezclan el CO_2 y cal y como paso final al estar mezclada, se le añaden los electrolitos(cloro).

El último paso es enviar el agua apta para el consumo a los depósitos de Fumero, Salamanca y cueva roja donde la empresa a la que es destinada el agua potable la destina a los diferentes lugares de consumición.

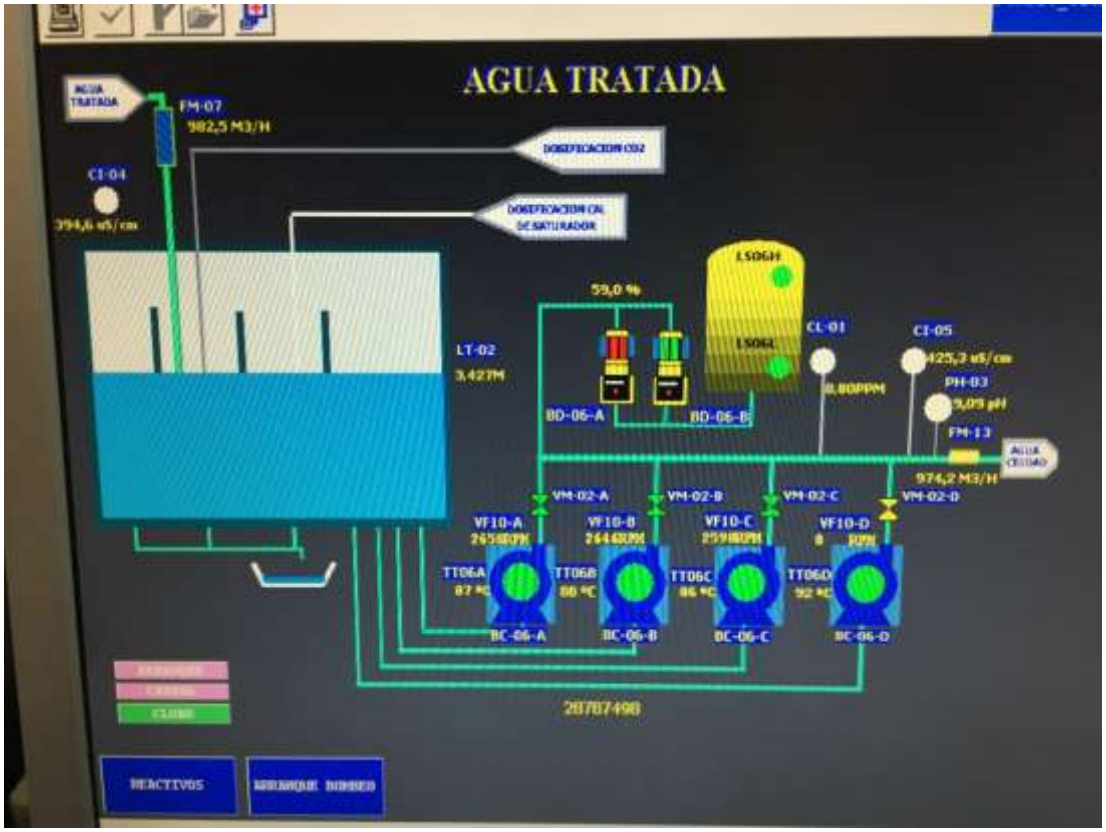

Ilustración 9. Deposito total de agua tratada y bombeo de ciudad (programa de operación). Fuente: Elaboración propia.

5. OPERACIONES EN LA DESALADORA

Los turnos de trabajo en la planta para los operadores se dividen en:

- Turno 1º : 07:00 – 15:00
- Turno 2º : 15:00 – 23:00
- Turno 3º : 23:00 – 07:00

Cada turno está formado por un equipo de 2 operarios, siendo uno de los momentos de mayor importancia durante la jornada el cambio de turno o guardia al hacer el traspaso de turnos, se le indica a los compañeros cómo ha ido y las novedades que se han realizado.

Las rondas de control nos permiten comprobar que todos los elementos se encuentren en perfectas condiciones y se tomen los valores pertinentes. Dichas rondas son realizadas de manera sistemática cada 4 horas; en momento ya predefinidas de la jornada:

- Ronda: 04:00
- Ronda: 08:00
- Ronda: 12:00
- Ronda: 16:00
- Ronda: 20:00
- Ronda: 24:00

A la hora de realizar las rondas se tienen que tomar una serie de parámetros para el control de las instalaciones, así como de su funcionamiento tanto eléctrico y mecánico.

Cuarto de bombeo hacia la ciudad:

- Los parámetros de los variadores (rpm, amperios, etc.) para controlar el trabajo continuo de las bombas.
- La cantidad de hipoclorito en el tanque.
- La presión de cada bomba.
- La cantidad de agua total de salida ésta última medida solo se toma a las 12 y a las 24.

Cuarto de la cal:

En ésta parte del sistema se hace la mezcla para que suba hacia el decantador.

- Se toma las lecturas del co2 a temperatura de -20 grados.
- Se comprueba que la cuba de la lechada esté en el nivel correcto (rotámetro).
- Aquí a las 12 de la noche y a las 12 de la mañana se detiene el "rompe-cal" o rascadadores y se sube al silo para ver cuantos rascadores hay, dependiendo del números de rascadores que se vean se echan una cantidad de sacos de cal u otra. 45 segundos 3 bastidores o 37 con 2 lleva la cal a la cuba de la lechada.

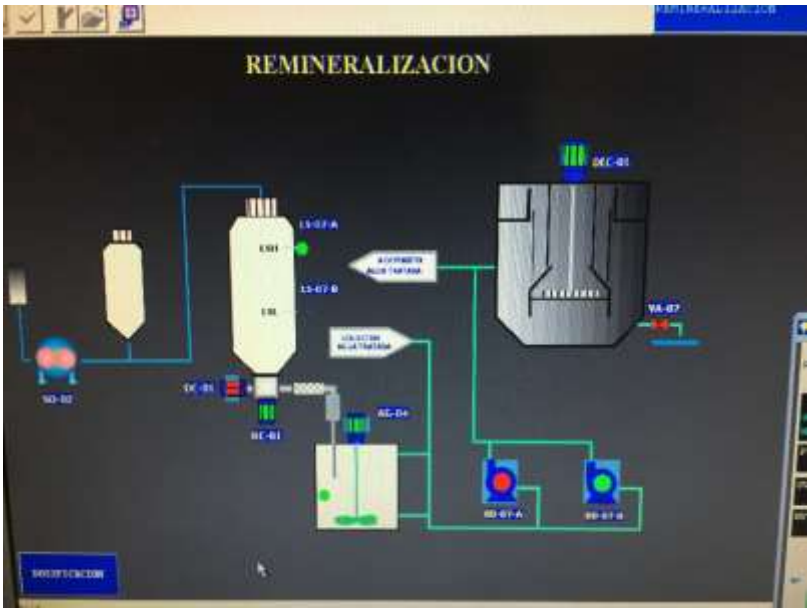

Ilustración 10. Cuarto de la cal (programa de operación). Fuente: Elaboración propia.

Filtros de arena:

- Se toman las presiones y el nivel de los rotámetros.
- 24 de noche y 12 del mediodía se toma también el totalizador del filtro.

Ilustración 11. Filtros de arena. Fuente: Elaboración propia.

Válvula de seguridad:

- Siempre se comprueba que este en buen estado y su funcionamiento es que a través de un presostato en el momento que suba o baje la presión mucho tiene un autómata para que abra o cierre, así alivia el colector.

Ilustración 12. Válvula de seguridad. Fuente: Elaboración propia.

Punto limpio:

- Se recicla todo el material, plástico, cartón, etc. y se revisa que todo esté en perfectas condiciones.

Cuarto de reactivo:

Actualmente solo se utiliza hipoclorito, la sosa y el ácido no.

- Se comprueba que todo esté correcto y sin ninguna fuga.
- Aquí se encuentran los depósitos grandes y se hace trasvase al cuarto de bombeo a la ciudad, cuando el depósito de allí tenga un nivel bajo.
- Se toma la lectura de la cuba de hipoclorito.

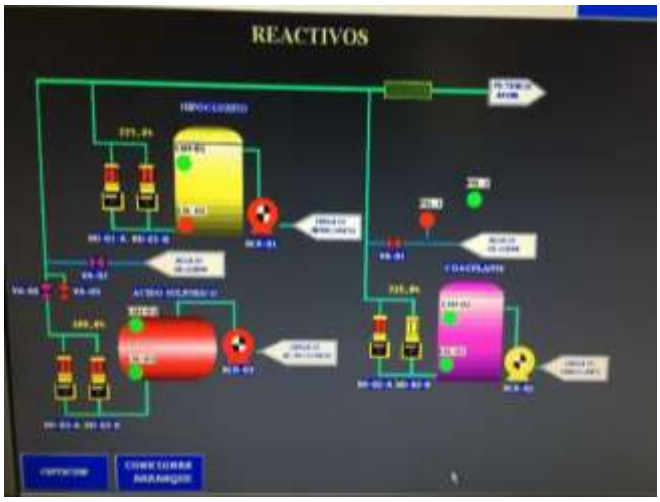

Ilustración 13. Cuarto de los reactivos (programa de operación). Fuente: Elaboración propia.

Cuarto CCM mar:

Cuarto de controladores de motores de todas las bombas de mar.

- Se inspecciona que todo esté en correctas condiciones.

Nave de producción del agua salada en agua potable:

- Se toma la presión de entrada y salida filtros de cartucho.
- Se toma el diferencial de presión.
- Tomamos lecturas de Rotámetros filtros de cartucho 1, 3, 4, 5, 6.
- Tomamos lecturas de Potencial redox.
- Comprobar nivel de Dispersante.
- Comprobar nivel de PH de mar.
- En cada una de las turbobombas de toma la presión de descarga.
- Se toma la presión de entrada en turbina.
- Se toma la presión de los bastidores tanto cuando entra en los batidores como cuando sale el permeado.

Cuarto del dispersante y la limpieza química y desplazamiento:

- Consta de 2 compresores + pulmón de aire (vital porque ayuda a cerrar y abrir las válvulas).
- 3 bombas de limpieza o desplazamiento, que ayudan a traer el agua del depósito limpia y limpiar tbbs y bastidores para eliminar la sal cuando se realiza un desplazamiento.
- Tanque de limpieza química que no se utiliza salvo que este 1 mes parado el bastidor.
- Bombas de hexametafosfato (dispersante).
- La cuba del dispersante se rellena a las 2 del mediodía, hasta una marca que tiene y dependiendo del número de bastidores en

funcionamiento 60l con 3 o 37 litros con 2. Y se utiliza para que no se llenen de sal las membranas de los bastidores.

- Cada 4 horas, comprobar nivel de la cuba de dispersante.

CCM2 y CCM3:

Los cuartos de control de motores CCM2 y CCM3 son dos de las partes principales de la planta desaladora, pues desde los mismos se efectúa el control eléctrico de todos los elementos que la conforman, lo que los convierte en el auténtico "pulmón" de la planta.

- Tenemos todos los cuadros, desde aire acondicionado hasta turbobombas y controladores.
- El totalizador (e+) se toma el parámetro a las 12 de la Noche y 12 del mediodía.
- CCM3 totalizador total que dice el consumo de las turbobombas y luego se encuentran cada una por separado y se cogen los parámetros tanto de cada una como del total del consumo.

Ilustración 14. CCM2 y CCM3. Fuente: Elaboración propia.

6. GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO.

El mantenimiento eléctrico es realizado por 2 operarios con un horario de lunes a viernes de 7am a 3pm, pero si surge alguna avería alguno de los dos o ambos tendrían que acudir inmediatamente.

El mantenimiento mecánico es realizado por 3 operarios con horarios de lunes a viernes de 7am a 3pm, pero si surge alguna avería alguno de los 3 o los 3 tendrían que acudir inmediatamente.

Las averías no se pueden prever, pero sí se puede realizar un mantenimiento a las máquinas tanto eléctricas como mecánicas.

Existe un programa informático que nos ayuda en la gestión del mantenimiento, avisando tanto a los operarios mecánicos como eléctricos de todas las operaciones diarias que se tienen que realizar de prevención, como por ejemplo engrases, toma de medidas, comprobación, limpieza, cambios de filtros, etc.

El programa se encarga de gestionar las distintas operaciones de mantenimiento preventivo, almacenando los datos suministrados por los operarios sobre las operaciones realizadas e indicando cuando deben volver a realizarse las mismas operaciones para cada uno de los dispositivos o equipos de los que consta la planta.

7. AVERÍAS COMUNES

Bomba de hipoclorito.

Tipo de operación	Avería.
Equipos afectados	Bomba de hipoclorito.
Operaciones realizadas	Cambio del tubo conector entre la línea y la bomba.
Periodicidad	Avería puntual.
Personal implicado	Personal Mantenimiento Mecánico.
Herramientas	Llaves y destornilladores.
Observaciones	Posible obstrucción, nivel fijado al 8 y si está por debajo no se estabiliza.

Ilustración 15. Bomba de Hipoclorito. Fuente: Elaboración propia.

Interrumpibilidad de la corriente eléctrica.

Tipo de operación	No podemos catalogarlo como avería o mantenimiento, se debe a factores externos.
Equipos afectados	Toda la planta desaladora
Operaciones realizadas	- Se arman las redes de Unelco. - Se comprueban todas las conexiones. - Se arrancan las bombas de mar, venteos FC, venteos en TBBAs y bastidores. - Se arranca la TBBA 1 con el bastidor A, la válvula VC03 se pone en manual porque se para en 42.89% por fallo de la válvula, una vez que sube ese parámetro se pone en automático. - Se arranca la TBBA 4 con el bastidor c. - Se tienen que bajar las consignas de las bombas de mar, parar una bomba de ciudad, cambiar la cantidad de cloro, cambiar los segundos de cal y ajustar el CO2. - Para arrancar un bastidor se debe realizar un desplazamiento con agua, no hace falta ponerle químicos porque el bastidor no ha estado parado más de 1 mes, realizar un venteo y luego subir las consignas de las bombas de mar, CO2 y cal para poder tener las mismas condiciones con 3 bastidores.
Periodicidad	Indefinida. Unelco avisa con 1 hora de antelación.
Personal implicado	Personal Mantenimiento Mecánico, eléctrico y operación.
Herramientas	Llaves y destornilladores.
Observaciones	Todos los pasos deben realizarse en el orden correcto para un buen funcionamiento a posterior de la planta. Y se tiene que estar pendiente a la vuelta de la corriente eléctrica.

Transformador de alta.

Tipo de operación	Mantenimiento. Limpieza y comprobación.
Equipos afectados	Transformador de alta.
Operaciones realizadas	Limpieza de las conexiones en la parte de alta, alta tensión y cambio de aceite.
Periodicidad	Anualmente.
Personal implicado	Personal Mantenimiento Mecánico, eléctrico, operación y personal externo específico.
Herramientas	Llaves, destornilladores, paños, cubos, alicates.
Observaciones	Elemento fundamental en la empresa, todo debe estar en perfectas condiciones a la finalización y la limpieza y el manteamiento

Ilustración 16. Transformador de alta. Fuente: Elaboración propia.

Bomba de agua de mar.

Tipo de operación	Control de la bomba nueva de aspiración de agua de mar.
Equipos afectados	Bomba de agua de mar
Operaciones realizadas	Ir subiendo la consigna de la aspiración de la bomba de mar y obtener los valores de referencia del agua para su máximo trabajo.
Periodicidad	Cada vez que se instale una bomba de mar nueva.
Personal implicado	Personal de operaciones
Herramientas	Botella de agua y programa de operación.
Observaciones	Al ir variando la consigna de la bomba a cada hora, se tiene que ir al pozo de mar y tomar una muestra del agua de aspiración, así se puede alcanzar su máximo régimen de trabajo cuando se empieza a observar gran número de piedras en la aspiración.

Motor del extractor de aire

Tipo de operación	Avería
Equipos afectados	Motor del extractor de aire
Operaciones realizadas	Conectar en estrella el motor del extractor de aire que llevaba tiempo parado
Periodicidad	Cuando surge la avería
Personal implicado	Personal de mantenimiento eléctrico.
Herramientas	destornilladores
Observaciones	Sitio en muy malas condiciones de accesibilidad, no se encuentra en la desaladora, sino en uno de los depósitos exteriores donde se manda el agua dichamente tratada en la desaladora.

Ilustración 17. Motor del extractor de aire. Fuente: Elaboración propia.

Variador de la bomba de mar 3.

Tipo de operación	Operaciones Eléctricas.
Equipos afectados	Variador de la bomba de mar 3.
Operaciones realizadas	Programación del variador de la bomba de mar para que las consignas de la bomba aparezcan en el programa de operación.
Periodicidad	Cuando una bomba no está sincronizada.
Personal implicado	Personal de mantenimiento eléctrico.
Herramientas	Cables, destornilladores y llaves.
Observaciones	Es una comodidad tenerla en la pantalla del programa de operaciones y no tener que estar yendo al CCM1 para tener que ver las consignas.

Ilustración 18. Variador de la bomba de mar. Fuente: Elaboración propia.

Reparación de taladro

Tipo de operación	Mantenimiento de las herramientas.
Equipos afectados	Taladro.
Operaciones realizadas	Desmontaje y cambio de las escobillas retenedoras de la broca del taladro.
Periodicidad	Cada vez que el taladro se daña.
Personal implicado	Personal de mantenimiento eléctrico.
Herramientas	Escobillas y destornillador.
Observaciones	Con esta operación evitamos un gasto adicional a la empresa y tenemos todas las herramientas en perfectas condiciones.

Ilustración 19. Reparación de taladro. Fuente: Elaboración propia.

Bomba de ciudad.

Tipo de operación	Mantenimiento Eléctrico.
Equipos afectados	Bomba de ciudad.
Operaciones realizadas	Preparación de entrada y salida analógica de variador a tarjeta para que se visualice las revoluciones de una bomba a un ordenador y desde ese mismo ordenador arrancar la bomba (no manual) en programación y eléctricamente.
Periodicidad	Cada vez que se sincronice.
Personal implicado	Personal de mantenimiento eléctrico.
Herramientas	Cables, cinta aislante y destornilladores
Observaciones	Se evita de esta manera tener que desplazarse hacia ciudad para tener que arrancar la bomba.

Ilustración 20. Entrada y salida analógica de la bomba de ciudad. Fuente: Elaboración propia.

Sustitución filtros de cartucho.

Tipo de operación	Cambio de filtros de cartucho.
Equipos afectados	Filtros de cartucho.
Operaciones realizadas	- Desmontaje de la tapa del filtro. - Sacar los filtros de cartucho - Cambio uno por uno. - Montaje de el armazón con los filtros - Montaje de la tapa del filtro.
Periodicidad	Cada año y medio.
Personal implicado	Personal de mantenimiento mecánico y operación.
Herramientas	Llaves, andamio, cuerdas, elemento de metal, carro transportador.
Observaciones	Procedimiento de mantenimiento muy importante debido a la eliminación de impurezas que requieren estos filtros y de su perfecto funcionamiento.

Ilustración 21. Filtro de cartucho. Fuente: Elaboración propia.

Válvula antirretorno. Bomba de ciudad.

Tipo de operación	Cambio de válvula antirretorno.
Equipos afectados	Bomba de ciudad.
Operaciones realizadas	- Desmontaje de la válvula. - Montaje de la válvula nueva.
Periodicidad	Avería repentina, cada vez que ocurre, pero no es frecuente.
Personal implicado	Personal de mantenimiento mecánico.
Herramientas	Llaves, cuerda de ajuste, carro transportador.
Observaciones	Válvula muy importante debido a que evita el retorno del agua cuando se para la bomba y así evita fallos.

Ilustración 22. Válvula antirretorno. Fuente: Elaboración propia.

Cambio de membranas entre filtros del bastidor

Tipo de operación	Cambio de membranas entre filtros del bastidor.
Equipos afectados	Bastidor.
Operaciones realizadas	- Desmontaje de la tapa del tubo del bastidor - se sacan los filtros uno por uno - se cambian las membranas - se vuelven a introducir los filtros en el tubo del bastidor - se cierra la tapa.
Periodicidad	Cada vez que un tubo de encuentre fuera de rango (una conductividad elevada).
Personal implicado	Personal de mantenimiento mecánico.
Herramientas	Llaves, cuerda de ajuste, conectores, andamio, varilla metálica.
Observaciones	Procedimiento importante debido a que haces que el agua salga en perfectas condiciones para su posterior tratamiento.

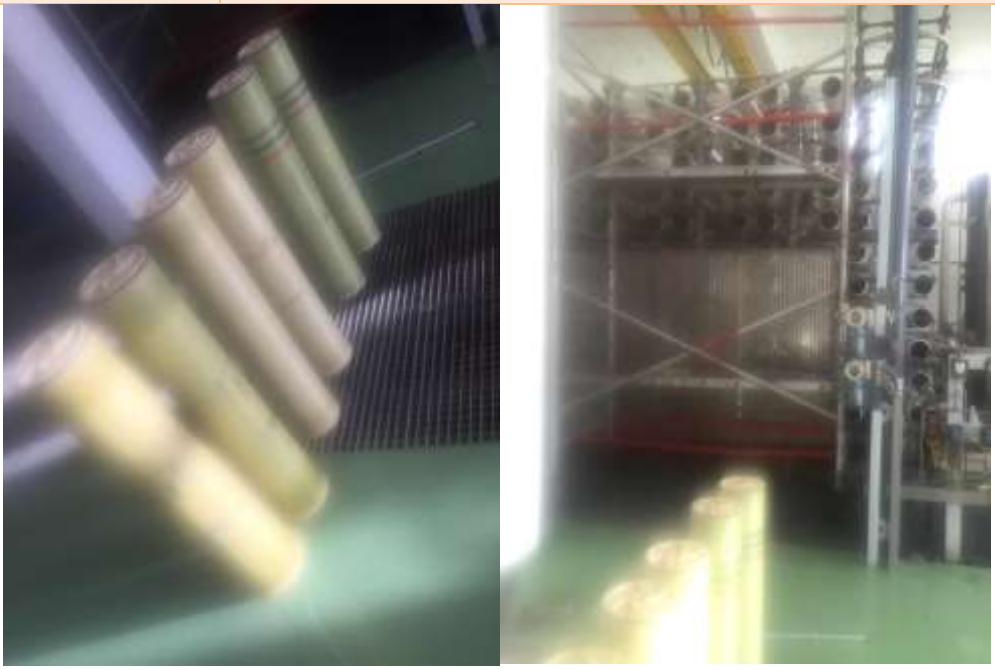

Ilustración 23. Cambio de membranas en los bastidores. Fuente: Elaboración propia

Avería compresor.

Tipo de operación	Avería compresor.
Equipos afectados	Compresor.
Operaciones realizadas	Quitar las piezas en malas condiciones. Cambio por las piezas nuevas.
Periodicidad	Cada vez que el compresor se averíe.
Personal implicado	Personal de mantenimiento mecánico.
Herramientas	Llaves y destornilladores.
Observaciones	Se puede trabajar con 1 solo compresor, pero siempre es recomendable tener los 2 disponibles por posibles fallos.

Ilustración 24. Compresor. Fuente: Elaboración propia.

Avería Turbobomba.

Tipo de operación	Avería eléctrica.
Equipos afectados	Turbobomba.
Operaciones realizadas	Cambiar la tarjeta electrónica o los contactores o el motor.
Periodicidad	Cada vez que la osmamatic se varíe.
Personal implicado	Personal de mantenimiento eléctrico.
Herramientas	Llaves y destornilladores.
Observaciones	Debido a las vibraciones por las presiones (60 bar) y siempre tiene que estar regulando, los elementos electrónicos se dañen y sale el fallo.

Ilustración 25. Osmamatic. Fuente: Elaboración propia.

Batería de condensadores.

Tipo de operación	Avería eléctrica.
Equipos afectados	Batería de condensadores.
Operaciones realizadas	- Se comprueba con cámara termo gráfica y con amperímetro. - Los contactores al introducirlos, estamos metiendo la capacitiva de ese condensador y cada condensador tiene su contactor, para conseguir el 1 que es a lo que tiene que llegar siempre porque lo que se desea es llegar al coseno de fi, para que la reactiva sea la más baja posible.
Periodicidad	Cada vez que el coseno de fi no llegue a 1.
Personal implicado	Personal de mantenimiento eléctrico.
Herramientas	Cámara termográfica y destornilladores.
Observaciones	Primero descartar mirando intensidades para ver lo que mete cada condensador para ver si los contactores están bien, luego comprobando el condensador.

Ilustración 26. Batería de condensadores. Fuente: Elaboración propia.

Bomba de mar.

Tipo de operación	Avería mecánica.
Equipos afectados	Bomba de mar.
Operaciones realizadas	- Sacarla. - Cambiarla. - reparar la otra y ver si los cojinetes están bien.
Periodicidad	Cada vez que la consigna no sea la correcta.
Personal implicado	Personal de mantenimiento mecánico y operación.
Herramientas	Grúa, llaves y martillos.
Observaciones	Las averías más frecuentes son: Vibraciones en tuberías, temperatura del motor elevada, intensidad elevada, posiblemente fallo de los cojinetes, pero también puede ser culpa de la tarjeta electrónica del variador mal.

Ilustración 27.Bomba de mar. Fuente: Elaboración propia.

Avería válvula VC03A

Tipo de operación	Avería mecánica de la válvula VC03A
Equipos afectados	Colector entre la turbobomba y el bastidor
Operaciones realizadas	- Apertura y cierre tiene un asiento y es de teflón el teflón está dañado y entonces se queda trancada físicamente y el autómata no puede abrir dicha válvula. - Cambio de dicho asiento.
Periodicidad	Frecuente.
Personal implicado	Personal de mantenimiento mecánico.
Herramientas	Llaves y destornilladores.
Observaciones	Apertura y cierre tiene un asiento y es de teflón el teflón está dañado y entonces se queda trancada físicamente y el autómata no puede abrir dicha válvula.

Ilustración 28. Válvula VC03A. Fuente: Elaboración propia.

Colector bomba de mar.

Tipo de operación	Avería mecánica.
Equipos afectados	Colector bomba de mar.
Operaciones realizadas	Se intentó soldar, pero al final se cambió por otro codo.
Periodicidad	Poco frecuente.
Personal implicado	Personal de mantenimiento mecánico.
Herramientas	Llaves, equipo de soldadura y martillo.
Observaciones	La avería fue que en la tubería apareció una grieta y se estaba inundando todo el cuarto de la tubería.

Ilustración 29. Codo. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La desaladora de Sc de Tenerife, realiza un trabajo muy importante para la sociedad, como es la obtención de agua dulce por medio de una serie de procesos que transforma el agua salada en esta.

Las personas que realizan las actividades de operación y mantenimiento mecánico y eléctrico son profesionales altamente cualificados y mantienen la desoladora operativa todos los días del año.

También cabe destacar el trabajo del personal administrativo, el personal del laboratorio que son los encargados de verificar si el agua cumple con los requisitos legales establecidos y también el director de la planta, que es crucial para que todo sea verificado y se realice de una manera perfecta.

El mantenimiento y reparación de las averías es crucial para el perfecto desarrollo de los elementos de la planta desaladora en particular y de cualquier industria de manera general.

El mantenimiento a bordo no difiere del que se realizan sistemas de tierra, salvo por la disponibilidad de los repuestos y la dificultad de las operaciones en un medio tan hostil.

Si bien los efectos de una avería en industrias radicadas en tierra afectan a mayor número de población.

BIBLIOGRAFÍA

Gobierno de Canarias, GOBCAN. *El Agua en Canarias.* 2016. http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/aguas/aguacanarial.html (último acceso: Mayo de 2016).

Hispagua. *hispagua.cedex.es.* Julio de 2002. http://hispagua.cedex.es/node/61332#2 (último acceso: Junio de 2016).

Massol-Deyá, Francisco Fuentes y Arturo. *MANUAL DE LABORATORIOS - ECOLOGÍA DE MICROORGANISMOS.* Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, 2002.

Palomino, Ruyman Fco. Ledesma. *TPM (Total Productive Maintenance).* 2016. http://www.cge.es/portalcge/tecnologia/innovacion/4116tpm.aspx (último acceso: mayo de 2016).

Salas, Patricia López. *MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.* 2015. http://docplayer.es/14181069-La-evolucion-del-mantenimiento-se-estructura-en-las-cuatro-siguientes-generaciones.html (último acceso: mayo de 2016).