

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN EN UNA
EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS.**

**YANETH XIMENA HIGUERA PUELLO
ANGELA MARIA TARAZONA MALAVER**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2014

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN EN UNA
EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS.**

**YANETH XIMENA HIGUERA PUELLO
ANGELA MARIA TARAZONA MALAVER**

Monografía para optar por el título de Especialista en Ingeniería Ambiental

Director

CRISOSTOMO BARAJAS FERREIRA

Msc. Ingeniería química

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2014

*A Dios que es la fortaleza y luz de nuestras vidas que a diario ilumina cada
uno de nuestros pasos
A nuestras madres que han sido el motor de cada uno de los pasos que damos*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarnos esta oportunidad.

A la ingeniera Pilar Tarazona por su colaboración, disposición, orientación y comprensión.

A todos aquellos que contribuyeron a que este proyecto fuera una realidad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. PROCESOS DE LA FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS	18
2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS POR INYECCIÓN	18
2.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS POR EXTRUSIÓN	22
2.3 CICLO DE ENFRIAMIENTO	23
2.4 ECUACIONES DE DISEÑO TORRES DE ENFRIAMIENTO	25
2.5 SISTEMA DE DESINFECCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN CICLOS DE ENFRIAMIENTO	27
2.5.1 Corrosión	28
2.5.2. Incrustaciones.	28
2.5.3. Crecimiento microbiano	29
2.5.4. Concentración de SSD y SST	29
3. CIRCUITO CERRADO DE REFRIGERACIÓN EMPREPLAST	32
3.1. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO DE MÁQUINAS	32
3.2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LOS MOLDES DE INYECCIÓN	36
4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	40
4.1. ZONA DE UBICACIÓN DE LA EMPRESA	40

4.2. DESCRIBIR QUÉ RODEA A LA EMPRESA	41
4.3. REQUISITOS LEGALES (CUMPLIMIENTO LEGAL)	41
4.4. GESTIÓN AMBIENTAL (REVISIÓN GESTIÓN ADMINISTRATIVA)	42
4.5. OBSERVACIONES DURANTE RECORRIDO A LA PLANTA	42
4.6. LISTA DE CHEQUEO PARA LA REVISIÓN DEL SISTEMA	44
4.7. REGISTRO DEL CONSUMO DE AGUA	46
4.8. TABLA PARA EL REGISTRO DE LAS AGUAS RESIDUALES	46
4.9. TABLA PARA EL REGISTRO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA	48
5. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS AGUA SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	50
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
7. CONCLUSIONES	55
8. RECOMENDACIÓN	56
BIBLIOGRAFIA	57
ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Componentes de una inyectora	19
Figura 2. Esquema de una torre de enfriamiento.....	26
Figura 3. Torres de enfriamiento inducida	34
Figura 4. Circuito de enfriamiento moldes	38
Figura 5. Sistema cerrado de enfriamiento	39

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Vista superior unidad de inyección	20
Foto 2. Unidad de cierre	21
Foto 3. Extrusión del plástico	22
Foto 4. Torre de enfriamiento de tiro inducido	35
Foto 5. Tanque de acero y filtro de arena	37
Foto 6. Crecimiento microbiano	54
Foto 7. Estado de moldes Acero al carbón	54

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación de las alternativas de enfriamiento	24
Tabla 2. Parámetros operacionales en Torres de enfriamiento	30
Tabla 3. Comparación del agua del sistema	48

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Listado De Abreviaturas Y Símbolos	59
Anexo B. Marco Legal.....	60
Anexo C. Parámetros Más Importantes Contemplados Por La Ley Colombiana Para La Descarga De Vertimientos.....	61
Anexo D. Información Preliminar Empreplast	66
Anexo E. Documentación Solicitada	68
Anexo F. Programa De Monitoreo	70

RESUMEN

TITULO: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN EN UNA EMPRESA DE FABRICACION DE PLÁSTICOS.*

AUTORES: HIGUERA PUELLO, Yaneth Ximena, **
TARAZONA MALAVER, Ángela María

PALABRAS CLAVES: Ciclo, refrigeración, diagnóstico ambiental, torres de enfriamiento.

DESCRIPCIÓN:

Los sistemas de refrigeración determinan la eficiencia del proceso de fabricación de productos plásticos ya que el tiempo de refrigeración; corresponde a las dos terceras partes del tiempo de fabricación de las piezas plásticas razón por la cual es necesario evaluar y monitorear frecuentemente la calidad del fluido refrigerante empleado. Por su disponibilidad, bajo costo y alto poder calorífico, el agua se constituye como el fluido refrigerante por excelencia. Sin embargo, con el agotamiento del recurso hídrico, es necesario el estudio de alternativas de enfriamiento que empleen otros fluidos refrigerantes, haciendo los sistemas ambientalmente sostenibles y que prolonguen la vida útil de torres de enfriamiento y demás equipos empleados en el circuito. Este trabajo realizado para la empresa productora de plásticos Empreplast, utiliza la herramienta del diagnóstico ambiental para la evaluación de aspectos operacionales relevantes con el fin de determinar el tipo de tratamiento y/o frecuencia de descarga del fluido refrigerante utilizado durante todo el circuito. Variables operacionales como caudales, temperaturas de entrada y salida, volumen de reposición por arrastre y evaporación así como el de purgas permiten determinar el correcto funcionamiento del sistema. Análisis fisicoquímicos al agua de enfriamiento como pH, alcalinidad, dureza, hierro total, cloruros y sólidos suspendidos totales (SST), permiten establecer la presencia de agentes corrosivos en el sistema.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización En Ingeniería Ambiental Director: MsC. Crisóstomo Barajas Ferreira.

ABSTRACT

TITLE: ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS OF COOLING SYSTEM IN A PLASTIC MANUFACTURING COMPANY*.

AUTHORS: HIGUERA PUELLO, Yaneth Ximena,
TARAZONA MALAVER, Ángela María**

KEYWORDS: Cycle, cooling, environmental diagnosis, cooling towers.

DESCRIPTION:

Cooling systems determine the efficiency of manufacturing process of plastic products because the cooling time; corresponds to the two thirds parts of the manufacturing time of plastic pieces that is the reason why it is often necessary to evaluate and monitor the quality of cooling fluid used. For availability, low cost and high calorific value, water is the better cooling fluid. However, with the depletion of water resources, is necessary the study of alternative cooling employing other refrigerants, making it environmentally sustainable systems and prolong the life of cooling towers and other equipment in the circuit. This work for the plastics production company Empreplast, used environmental assessment tool for the evaluation of relevant operational aspects in order to determine the type of treatment and / or frequency of discharge of the refrigerant fluid used throughout the circuit. Operational variables such as flow rate, inlet temperatures and outlet temperatures, drag replacement volume and evaporation replacement volume and the purge can determine the correct system operation. Physicochemical watercooling as pH, alkalinity, hardness, total iron, chloride and total suspended solids (TSS) analysis allow to establish the presence of corrosive agents in the system. Physicochemical watercooling as pH, alkalinity, hardness, total iron, chloride and total suspended solids (TSS) analysis allow to establish the presence of corrosive agents in the system.

* Degree Project.

** Faculty of Physicochemical Engineering. Chemical Engineering School. Specialization in Ambient Engineering Director: MsC. Crisóstomo Barajas Ferreira.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de enfriamiento son necesarios porque los procesos industriales no trabajan eficientemente o efectivamente a menos que las temperaturas y presiones específicas de operación sean mantenidas dentro de ciertos rangos. Para tal fin, en muchos procesos emplean agua como fluido refrigerante no sólo por su amplio poder calorífico sino también por su bajo costo y disponibilidad. Sin embargo, con el agotamiento del recurso hídrico se ha generado una problemática ambiental por su uso inapropiado; contaminación tanto fisicoquímica como microbiológica originada durante éstos procesos. Adicionalmente, el uso del agua para estos fines industriales tiene asociados problemas de corrosión, incrustación y ensuciamiento de equipos y tuberías, generando disminución del área de transferencia de calor, conllevando al desarrollo de nuevas tecnologías para los sistemas de enfriamiento que minimicen el caudal de agua utilizado y que permitan su reutilización en diferentes etapas del proceso sin afectación en los equipos.

Como principio fundamental para dar solución a esta problemática se deben identificar las variables que pueden incidir y afectar la eficiencia del proceso específico para cada planta de proceso. En este trabajo realizado para la empresa productora de plásticos Empreplast, se utiliza la herramienta del diagnóstico ambiental con el fin de evaluar aspectos relevantes como la calidad del fluido refrigerante utilizado durante todo el circuito y sugerir alternativas de tratamiento ambientalmente sostenibles que prolonguen la vida útil de los equipos.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar ambientalmente el circuito de refrigeración de una empresa de fabricación de plásticos

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorear durante un mes el comportamiento del agua del circuito de enfriamiento mediante pruebas rápidas (dureza, alcalinidad, cloruros, temperatura, hierro y pH)
- Proponer un protocolo de monitoreo al fluido refrigerante utilizado en el ciclo de enfriamiento antes de su vertimiento al sistema de alcantarillado.

2. PROCESOS DE LA FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS

2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS POR INYECCIÓN

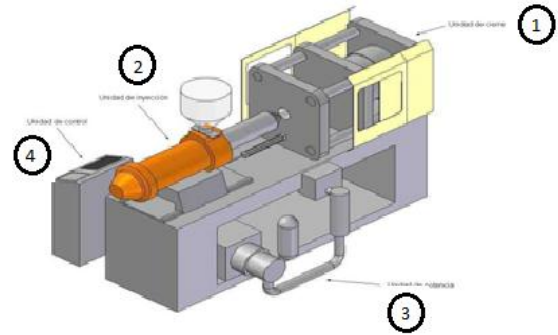
Para la fabricación de productos plásticos se pueden emplear materiales de tipo termoplástico, material que al aplicarle calor y bajo ciertas condiciones de presión puede reblandecerse y fundirse posibilitando su recuperación, moldeo y reconversión en nuevos productos varias veces. Entre otros los principales tipos usados son el polipropileno, poliestireno de Propósito General, poliestireno de Alto Impacto, PVC Rígido, polietileno de Alta Densidad y polietileno de Baja Densidad.

Para ello el proceso empleado es el de Moldeo por Inyección, proceso semicontinuo consistente en la fundición del polímero que llega en forma de pellets desde la tolva de alimentación hacia un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño o boquilla en la máquina de inyección. En ese molde el material se solidifica comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada permitiendo obtener una amplia variedad de productos.

Una inyectora se compone de cuatro unidades principales:

Figura 1. Componentes de una inyectora

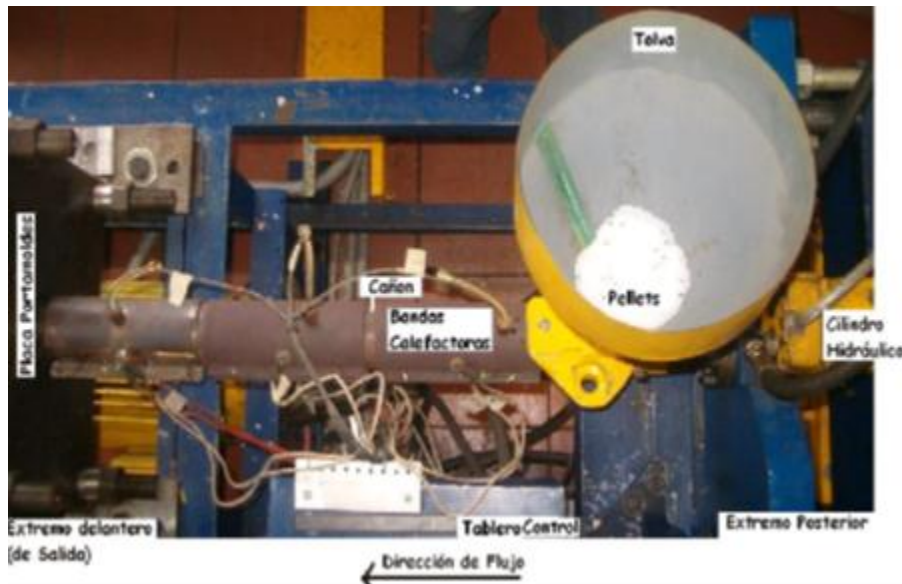
- 1 La unidad de cierre
- 2 La unidad de inyección
- 3 La unidad de potencia
- 4 La unidad de control



Fuente: DOCENCIA, Unidad maquina [en línea] disponible en: http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/imagenes/unidad_2/maquina/image003.jpg

1. Unidad de inyección: ocurre la plastificación o fusión del material. El plástico alimentado por la tolva cae a un tornillo sin fin que se encuentra dentro de un intercambiador de calor que suministra parte del calor de fusión que requiere el material. El tornillo gira por la presión que se le suministra y la fricción que se genera por su rotación y el movimiento del material que es forzado a pasar por un espacio entre el tornillo y el intercambiador, hace que el material reciba calor llegando a un estado viscoelástico, en el cual puede fluir desde la primera parte del tornillo (parte de atrás de la inyectora en donde esta comunicado con la tolva y se conoce como zona de alimentación del tornillo) hasta la parte delantera del mismo (parte delantera de la maquina conocida como Zona de dosificación del tornillo), en donde se comunica a través de una boquilla, hasta unos canales por donde entra al interior del molde en donde estando fundido, copia la forma de la pieza que se quiere obtener. Para que el material se solidifique nuevamente y tome la forma de la pieza, se retira el calor que lleva el material gracias a unos canales de refrigeración que se encuentran dentro de las placas del molde, por los cuales entra el agua a 10°C aproximadamente y sale de los moldes a una temperatura aproximada de 50°C.

Foto 1. Vista superior unidad de inyección



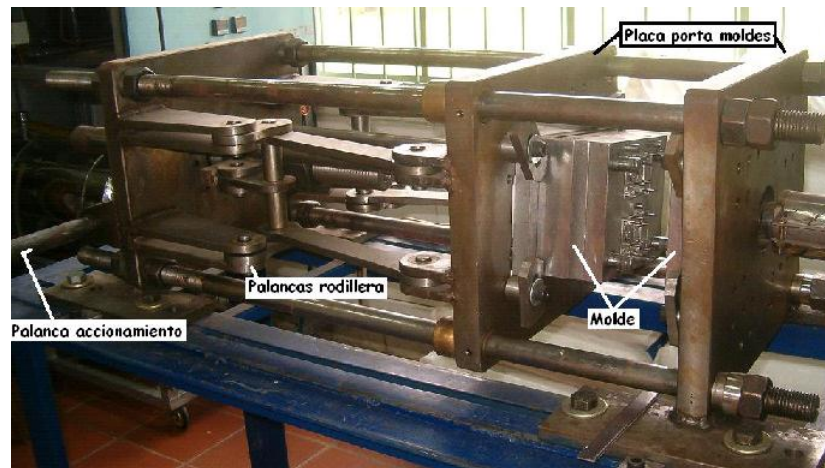
Fuente: Plásticos protocolo: curso de procesos de manufactura

En la foto 1 se puede apreciar esquemáticamente cada uno de los componentes de la unidad de inyección para comprender mejor el proceso.

2. Unidad de cierre: En esta parte se ubica el molde el cual queda sujeto por unas guías y varios sistemas de sujetadores. El molde consta de 2 placas generalmente de acero en las cuales se talla la figura o forma que se quiere moldear. Una placa es fija porque queda unida a la parte de la máquina inyectora que se comunica a través de la boquilla con el tornillo sin fin que trae el material. La otra placa es móvil; se mueve a través de unas guías para abrirse y cerrarse en cada ciclo de inyección. Cuando se cierra, se junta a la placa fija para recibir el material y moldearlo. Luego de que pasa el tiempo de refrigeración dentro del molde, la placa móvil se aleja de la fija para permitir que la pieza de plástico formada sea expulsada. Por eso a esta parte de la máquina, en donde está el molde, se le llama unidad de cierre, que tiene que ver precisamente con el cierre del molde el cual se obtiene gracias a la presión hidráulica que ejerce un aceite que mueve un sistema de palancas para

desplazar la parte móvil del molde. Para el correcto funcionamiento de la unidad, es necesaria la refrigeración y es en este punto a donde llega uno de los circuitos cerrados de refrigeración de agua. Debajo de cada inyectora llega el sistema de tuberías. Estas tuberías se comunican con los canales de refrigeración que están dentro del molde (estos canales se diseñan con el molde y quedan dentro de las 2 placas). Al molde llega agua fría y sale agua caliente que retorna al circuito por tuberías de agua caliente que llegan nuevamente hasta las torres de enfriamiento.

Foto 2. Unidad de cierre



Fuente: Plásticos protocolo: curso de procesos de manufactura

3. Unidad de Potencia: Es la encargada de mover tanto la unidad de cierre del molde como la unidad de inyección (movimiento del tornillo de plastificación). La mayoría de las inyectoras trabajan con aceite hidráulico, es decir es un sistema de potencia hidráulico. A esta unidad también llega un circuito de refrigeración aparte del de los moldes, cuyo fin es mantener la temperatura del aceite hidráulico.
4. Unidad de control: Este sistema básicamente contiene un controlador lógico programable (PLC) y controladores PID para las resistencias eléctricas del

barril y de la boquilla. El PLC permite programar la secuencia del ciclo de inyección y recibe señales de alarma, por sobrepresión o finales de carrera, para detener el ciclo. Los controladores PID son los más adecuados para el control de temperatura debido a su elevada velocidad de respuesta para mantener la temperatura a los niveles requeridos.

2.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS POR EXTRUSIÓN

En este tipo de proceso, la resina es fundida por acción de la temperatura y la fricción, es forzada a pasar a través de un dado el cual le da la forma definida, para posteriormente ser enfriada con el fin de evitar daños y deformaciones en las piezas fabricadas. Mediante este proceso se pueden obtener tubos, láminas, pellets, filamentos, mangueras entre otros. Posterior al proceso de extrusión se requieren procesos de sellado y corte.

En la siguiente foto 3 se pueden apreciar las partes constitutivas de una máquina extrusora.

Foto 3. Extrusión del plástico



Fuente: Plásticos protocolo: curso de procesos de manufactura

Una máquina de extrusión consta de un eje central con álabes helicoidales ubicados dentro de un cilindro metálico o cañón, revestido de una camisa de

resistencias eléctricas. En el extremo del cilindro se instala la tolva de alimentación de la materia prima, la cual ingresa a través de un orificio. En ese mismo extremo se ubica un motor y un reductor de velocidad cuya función es accionar el conjunto de álabes (tornillo). En la punta del tornillo se ubica el dado quien da la forma final al producto.

2.3 CICLO DE ENFRIAMIENTO

Uno de los aspectos que tiene mayor repercusión en la calidad y en la productividad del proceso de elaboración de plásticos es el ciclo de enfriamiento. Esto sin importar si el proceso es por extrusión o moldeado por inyección ya que tanto los moldes que dan forma a las piezas como la maquinaria utilizada en el proceso incrementan su temperatura durante el proceso.

Tradicionalmente, el medio de enfriamiento más comúnmente utilizado es el agua bien sea en circuitos abiertos o cerrados, por ser este un fluido de 'fácil consecución', económico y con alto poder calorífico. Sin embargo, la disminución de la disponibilidad del recurso por el aumento en los niveles de contaminación ha limitado el consumo de agua proveniente de fuentes naturales junto al endurecimiento de las políticas y normatividad en cuanto al uso eficiente del recurso hídrico.

Es así como los ciclos de enfriamiento abiertos son cada vez menos empleados no sólo por el aumento evidente en los niveles de incrustación en el sistema sino también por emplear grandes volúmenes de agua durante cada ciclo.

Las torres de enfriamiento en circuito cerrado, son los sistemas más empleados en la actualidad. En estos sistemas el agua es utilizada durante varios ciclos minimizando el volumen de agua contaminada. Sin embargo, sin un adecuado

tratamiento químico al agua, hay disminución en la vida útil de equipos por el aumento de los depósitos de sales de carbonatos en tuberías y sistema de refrigeración en general, así como el aumento en los niveles de corrosión por presencia de iones de hierro y actividad microbiológica conllevando a una menor eficiencia del proceso por disminución en área de transferencia de calor, proceso crítico en la obtención de material de calidad.

Otra de las alternativas actualmente empleadas es el refrigerador industrial, con el inconveniente de un alto consumo de energía al utilizar compresores de refrigeración para el enfriamiento de máquinas. Adicionalmente el mantenimiento y operación de estos sistemas requiere personal altamente capacitado.

El sistema de enfriamiento en seco se ha constituido en una tecnología ambientalmente sostenible por la disminución en el volumen de agua empleada pues trabajan en circuito cerrado y requieren un consumo energético mucho menor al de los sistemas de refrigeración industrial. Esta tecnología para el intercambio térmico aire-agua se compone de una extensa superficie de cobre y aluminio provista de aletas con ventiladores axiales de alta velocidad de circulación. Estos intercambiadores de calor permiten mantener la temperatura del agua a unos pocos grados sobre la temperatura ambiente.

Tabla 1. Comparación de las alternativas de enfriamiento

SISTEMA	CONSUMO ELECTRICO	CONSUMO DE AGUA	COSTO DE INVERSION	MANTENIMIENTO	COSTO DE PLANTA
Torre de enfriamiento	Bajo	Alto	Bajo	Especializado y permanente	Bajo
Refrigerado industrial	Muy alto	Ausente	Muy alto	Especializado y permanente	Muy alto
Enfriador en seco	Bajo	Ausente	Mediano	Especializado y permanente	Mínimo

2.4 ECUACIONES DE DISEÑO TORRES DE ENFRIAMIENTO

Partiendo de un balance de materia para el vapor en el volumen de control se obtienen las ecuaciones de diseño de la torre de enfriamiento:

$$R + GsY1 = P + A + GsY2 \quad (1)$$

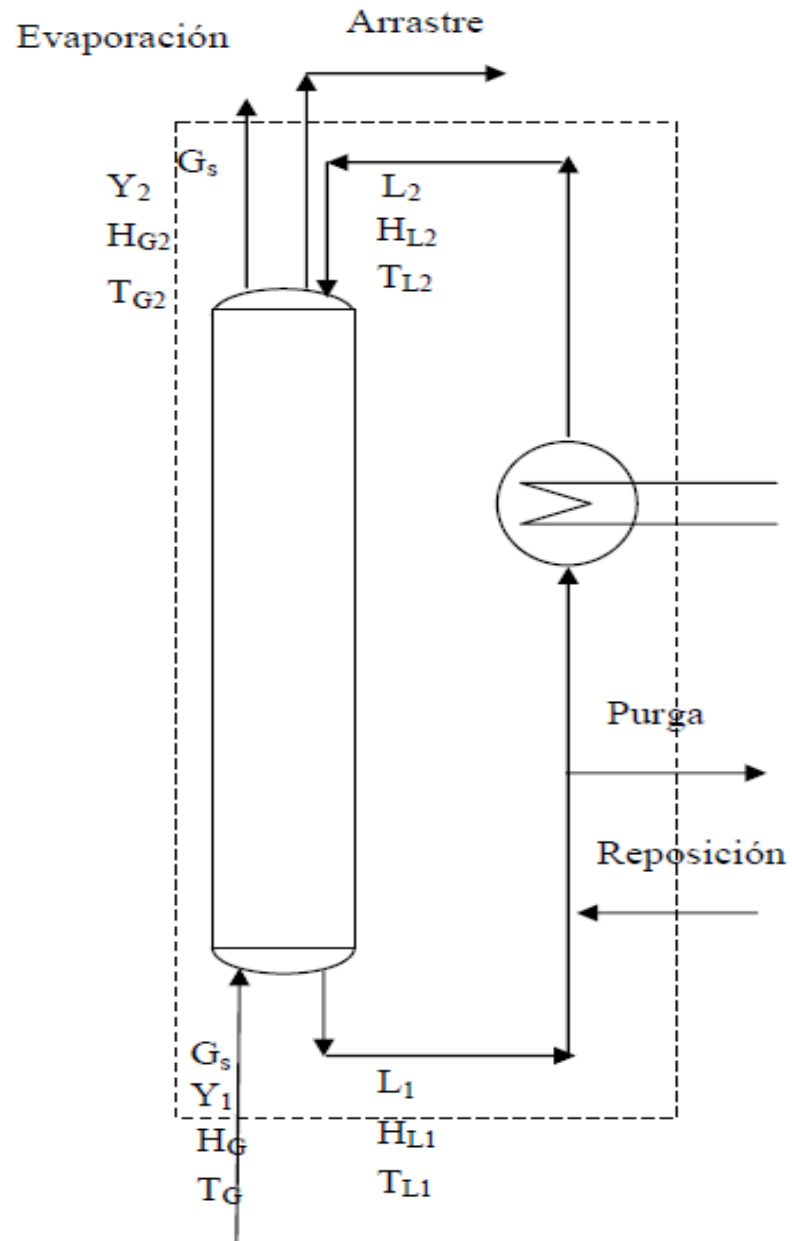
$$R = P + A + Gs(Y2 - Y1)(2)$$

$$E = Gs(Y2 - Y1)(3)$$

$$R = P + A + E \quad (4)$$

En el caso de que la corriente de agua del sistema contenga sólidos no volátiles disueltos, durante el proceso de enfriamiento a medida que se evapora el agua del circuito, sino se realizan purgas continuamente al sistema, aumentará la concentración de sólidos. El aumento de dicha concentración acarrea oclusiones o corrosión en los equipos y tuberías del sistema de enfriamiento.

Figura 2. Esquema de una torre de enfriamiento



Para determinar la cantidad de agua que se debe purgar se parte de un balance de sólidos disueltos:

$$R x_R = P x_p + A x_A + E x_E (5)$$

Al ser el sólido no volátil, x_E será igual a cero, convirtiéndose la ecuación cinco en:

$$R x_R = P x_p + A x_A \quad (6)$$

Las pérdidas por arrastre se encuentran entre el 0,2% y el 0,5% del caudal de circulación. Este caudal se calcula a partir de un balance de energía que se desea disipar en el proceso Q_p y el delta de temperatura y del calor específico del fluido refrigerante.

$$Q_p = C_M C_{PL} (T_s - T_e) \quad (7)$$

Las pérdidas por evaporación se calculan en base a Q_p y al calor de evaporación del agua (tomando como fluido refrigerante al agua):

$$C_M C_{PL} (T_s - T_e) = E \lambda \quad (8)$$

Despejando y reemplazando los valores de del calor de evaporación y el calor específico del agua en 8:

$$\frac{E}{C_M} = \Delta T x \quad 0,167 \quad (9)$$

Es decir que por cada grado de temperatura que se enfríe el caudal de agua de proceso, se evaporará el 0,1673% del mismo.

2.5 SISTEMA DE DESINFECCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN CICLOS DE ENFRIAMIENTO

Para el mantenimiento de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en condiciones normales de operación en un sistema de refrigeración, se debe contemplar el control de:

2.5.1 Corrosión. La corrosión se puede definir en términos elementales como la destrucción del metal por acción del oxígeno y bióxido de carbono disueltos en el agua para el caso de circuitos cerrados de refrigeración. Por ello es fundamental el control de la concentración de estos elementos así como del pH del agua de proceso, ya que valores de pH inferiores a 7, facilitan el proceso de desgaste del metal. En torres de refrigeración la corrosión más importante se produce debido a la disolución del metal por el efecto de formación de pila electrolítica. Una parte de la superficie metálica actúa como cátodo, cediendo electrones al agua que los usa para generar grupos oxidrilo (OH^-) y otra parte actúa como ánodo, la parte que se desgasta, y en la que el metal pasa al agua en forma de ión. Para evitar este fenómeno, frecuentemente se dosifican productos que crean una película protectora sobre las superficies metálicas, como por ejemplo, poliaminas, fosfatos de zinc, silicatos, molibdatos, etc.

2.5.2. Incrustaciones. Adicional a los problemas de corrosión, si no se trata el agua de enfriamiento, debido al aumento de la concentración de sales de carbonatos y sulfatos de calcio disueltas en el agua por el incremento de la temperatura durante el proceso de transferencia de calor, así como al incremento en su pH (superior a 8,3), se pueden depositar sobre la superficie del circuito originando problemas por incrustaciones y ensuciamiento del sistema que repercuten directamente en la eficiencia del proceso de enfriamiento por la reducción en el área de transferencia de calor. Otros factores fisicoquímicos como la presencia del ión bicarbonato, la temperatura del agua y el pH determinan la posibilidad de formación de incrustación al influir en el equilibrio químico de los iones disueltos.

Para determinar qué tipo de medidas anti incrustación se debe implantar en una instalación, es necesario conocer la calidad del agua de aporte al sistema (dureza, conductividad, pH, bicarbonatos, alcalinidad, etc.) y las características de funcionamiento del sistema de refrigeración, tales como: potencia en KW/h,

volumen de la instalación, caudal de agua recirculada, salto térmico, temperatura máxima, etc. Con esta información se determinan el número de ciclos de concentración y el tratamiento para optimizar el funcionamiento de la torre.

El tratamiento es externo para evitar la entrada de los iones calcio y/o magnesio al sistema.

2.5.3. Crecimiento microbiano Otro de los factores a controlar en los sistemas de enfriamiento es el crecimiento de microorganismos; algas, hongos y bacterias que inciden no sólo como agentes corrosivos para el caso de las algas por la generación de oxígeno sobre la superficie de los equipos del circuito de enfriamiento sino también en el medio una vez se descarga al sistema de alcantarillado. El factor a tener en cuenta es la incidencia de la luz del sol que activa la producción de la fotosíntesis, y por tanto el desarrollo de algas verdes. Algunas zonas de difícil limpieza o que permiten el paso de la luz facilitan este crecimiento. Las algas, igual que los protozoos en general, facilitan cobijo y protección a *Legionella* frente a la acción de los productos biocidas en el agua. Por tanto es recomendable su ausencia. Esto se puede conseguir mediante la minimización de la incidencia de la luz solar y mediante la limpieza periódica de las superficies interiores.

2.5.4. Concentración de SSD y SST Por último se pueden presentar problemas de ensuciamiento, originados por los depósitos de sólidos suspendidos presentes en el agua. La pulverización del agua sobre una corriente de aire ascendente provoca el constante ensuciamiento de la misma con las partículas del ambiente exterior. Estas partículas en suspensión se valoran mediante el grado de turbidez del agua.

Es importante mantener el agua libre de partículas, ya que entre éstas hay muchas de origen vegetal y animal que aportan materia orgánica y por lo tanto

potenciales nutrientes a las bacterias. Las partículas naturales, unidas a productos de corrosión e incrustaciones, contaminantes de proceso en caso de torres industriales, etc., crean fangos que tienden a depositarse en los puntos de disminución de la velocidad de circulación del agua.

La evaluación continua de estos parámetros permitirá elegir el sistema de tratamiento más adecuado que permita la reducción en los tiempos de paro por fallas en el sistema y garantizar su inocuidad al momento de verter el agua sobre la fuente de agua receptora.

En la tabla 2 se encuentran los parámetros de operación de una torre de enfriamiento recomendados por SpxCoolingTechnologies

Tabla 2. Parámetros operacionales en Torres de enfriamiento

LIMITES PREFERIDOS PARA LAS CONDICIONES DEL AGUA DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO	
PARAMETRO	LIMITES
pH	6,5 a 9,0
Temperatura máxima	48,9 C
M- Alcalinidad	De 100 a 500 mg/L como CaCO ₃
Sílice	150 mg/L SiO ₂
Hierro	3 mg/L
Manganeso	0,1 mg/L
Aceite y grasa	10 mg/L
Sulfuros	1 mg/L
Amoniaco	50 mg/L
Cloro	1 mg/L
Solventes orgánicos	Ninguno permitido
Sólidos totales disueltos	Más de 5000 mg/L pueden afectar la eficiencia térmica
Cationes	
Calcio	800 mg/L CaCO ₃

LIMITES PREFERIDOS PARA LAS CONDICIONES DEL AGUA DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO	
PARAMETRO	LIMITES
Magnesio	Depende del pH y el nivel de silicio
Sodio	Sin limite
Aniones	
Cloruros	750 mg/L como NaCl , 455 mg/L como Cl ⁻
Sulfatos	800 mg/L
Nitratos	300 mg/L
Carbonatos/ Bicarbonatos	300 mg/L CaCO ₃
Sólidos totales en suspensión	Menos de 25 mg/L

Fuente Tomada del Manuel sp_ 92-1312D. SpxCooling Technologies

3. CIRCUITO CERRADO DE REFRIGERACIÓN EMPREPLAST

En los circuitos cerrados como el utilizado en Empreplast, el agua caliente de los intercambiadores es enviada a la torre de enfriamiento, el agua sale de la torre y es enviada de regreso a los intercambiadores donde vuelve a ganar calor para posteriormente regresar y cerrar el ciclo. Para recuperar el agua perdida por evaporación y por arrastre del caudal de aire de los ventiladores, la planta se abastece de agua potable suministrada por la Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá (EAAB). La cantidad de agua de reposición, la realiza un operario no calificado quien llena los tanques de almacenamiento de agua de cada uno de los circuitos sin cuantificar el volumen de agua de llenado.

De acuerdo a la descripción general del proceso de fabricación de Empreplast, a continuación se citan los componentes y condiciones operacionales de cada uno de sus circuitos de refrigeración.

3.1. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO DE MÁQUINAS

Las máquinas inyectoras que operan en Empreplast son de tipo hidráulico, y como se describió anteriormente, las unidades de cierre e inyección operan gracias al óptimo funcionamiento y estado del aceite. La viscosidad del aceite hidráulico depende de la temperatura de operación de éste, y por tanto el control de dicha temperatura durante el proceso de inyección es un factor que se debe controlar. En general este aceite se debe mantener a una temperatura de 50 grados centígrados.

El sistema de refrigeración del aceite hidráulico cuenta con intercambiadores de calor en cada máquina, en los cuales el aceite cede al agua de enfriamiento el calor ganado por fricción durante la operación de cada una de las inyectoras de plástico. El agua es suministrada a través de tuberías de PVC, ubicadas en canales subterráneos o cárcamos que alimentan a cada máquina, para luego salir caliente a través de tuberías de retorno ubicadas de la misma manera, en un circuito cerrado que consta de una torre de enfriamiento como su elemento principal.

El circuito está constituido de la siguiente manera:

- A.** Torre de enfriamiento marca Proton, Ref. PP-100 N. Torre de tiro mecánico tipo inducido con flujo a contracorriente.

El agua procedente de la planta de inyección de plásticos, retorna a una temperatura de 24°C, hacia la torre de enfriamiento en donde es pulverizada en la parte superior de la torre mediante un sistema de riego que atomiza el agua caliente para lograr un contacto íntimo con el aire de enfriamiento. El aire entra a través de unas ventanas ubicadas en la parte media inferior del cuerpo de la torre, inducida de manera ascendente por un ventilador axial ubicado en la parte superior de la misma. El agua desciende y se pone en contacto con el aire en contracorriente al pasar a través del relleno modular, cuya función es retardar la caída del agua y aumentar el tiempo de contacto con el aire frío. El relleno está en la parte media de la torre, es de tipo multicelda compuesto por paneles en policloruro de vinilo clorado (CPVC).

En el relleno se produce el enfriamiento, y el agua refrigerada es recogida en la piscina o balsa en la parte inferior de la torre, desde donde es bombeada o conducida para reiniciar el ciclo de intercambio de calor en el punto de uso.

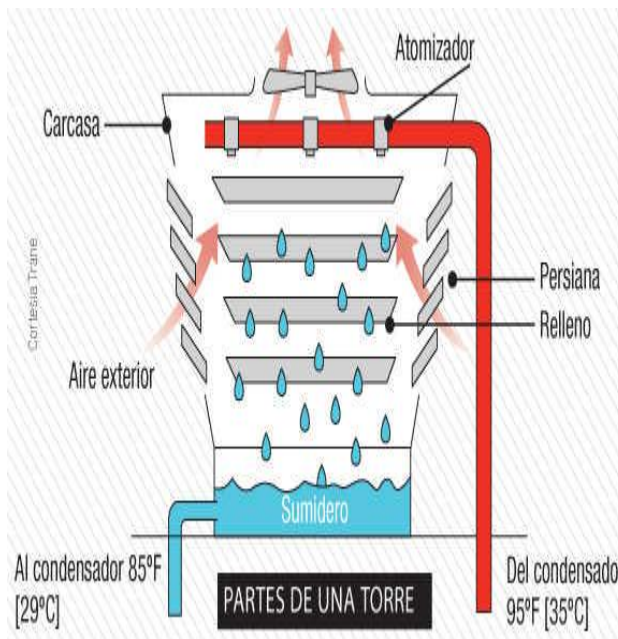
Instalado en la parte superior de la torre se ubica un eliminador de gota constituido por paneles en CPVC en forma laberíntica de 135 mm de altura, con el fin de reducir la salida en la parte superior de agua arrastrada por el flujo de aire generado por el ventilador.

Las condiciones de operación de la torre son:

- Caudal de agua de operación: 21.5 m³/hora
- Temperatura de entrada del agua: 26 °C
- Temperatura de salida del agua: 20°C
- Temperatura de bulbo húmedo: 15°C
- Enfriamiento: 10°C
- Potencia térmica efectiva: 129.000 Kcal/hora

En la Figura 3 se aprecian los componentes de este tipo de torre.

Figura 3. Torres de enfriamiento inducida



Fuente: CERO GRADOS. Partes de una torre [en línea] disponible en: <http://0grados.com/home/wp-content/uploads/2013/06/Partes-de-una-torre.jpg>

Foto 4. Torre de enfriamiento de tiro inducido



- B.** Tanque de almacenamiento: El tanque de almacenamiento de agua empleada en este circuito está fabricado en concreto, con dimensiones de 1,6 metros de largo, 5 metros de ancho y una profundidad de 1,8 metros, lo que nos da una capacidad de 14,4 metros cúbicos.
- C.** Tuberías: la red de tuberías que llega a las maquinas está constituida por tubería de PVC de presión de trabajo de 200 psi. Esta red está constituida así:
- Tubería de presión o suministro a maquinas: de 40,5 mm de diámetro interno (1,5 pulgadas de diámetro nominal) y con una longitud que suma 447 metros.

 - Tubería de retorno: de 54,58 mm de diámetro interno (2 pulgadas de diámetro nominal) y la misma longitud de 447 metros.

3.2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LOS MOLDES DE INYECCIÓN

Como se describió anteriormente, la temperatura de los moldes en el proceso de inyección de plásticos es una variable de proceso importante que se debe controlar para permitir un adecuado desmolde y acabado del producto. La refrigeración de los moldes permite retirar calor del material plástico fundido y moldeado, para lograr su solidificación.

En el proceso de inyección de productos plásticos, el material termoplástico atrapado en los moldes se encuentra en estado viscoelástico a una temperatura promedio de 200 C, según sea el tipo de material. Durante el tiempo de enfriamiento en el ciclo de inyección, el producto plástico debe ser enfriado para que el material se solidifique tomando la forma final deseada y luego es desmoldado. El calor que se retira en cada producto depende de la masa y complejidad de la pieza plástica. Este calor se retira cuando un caudal de agua de enfriamiento pasa a través de los canales de refrigeración que se encuentran ubicados en la matriz de acero de los moldes de inyección. El agua de suministro entra a una temperatura promedio de 13°C y sale de los moldes a una temperatura de aproximadamente 24°C.

Empreplast cuenta con una planta de 24 máquinas inyectoras de plástico y 3 máquinas sopladoras. El agua de refrigeración llega a cada máquina y de allí al molde correspondiente, a través de mangueras alimentadas por tuberías de PVC de alta presión. La red de tubería pasa por la planta a través de canales o cárcamos y cuenta con una tubería de suministro y otra de retorno. El ciclo de enfriamiento de los moldes termina cuando el agua caliente que retira el calor de la pieza plástica retorna a los equipos de enfriamiento del circuito.

El circuito cerrado de refrigeración para los moldes de inyección está constituido por los siguientes elementos:

- A. Torre de enfriamiento marca **Prosac**. Torre de tiro mecánico tipo inducido con flujo a contracorriente. Opera de manera similar a lo descrito para la torre del circuito del aceite hidráulico.

- B. Dos chiller: el circuito de enfriamiento de los moldes consta de dos chiller tipo doble carcasa constituidas por dos unidades de refrigeración. La carcasa interna de cada chiller está construida de cobre y la externa en acero. Utilizan R 22 como refrigerante.

- C. Filtro de arena: con el fin de remover sólidos y material suspendido en el agua antes de su reutilización en el ciclo.

- D. Tanques de almacenamiento: El tanque de almacenamiento de agua empleada en este circuito está fabricado en acero inoxidable, con dimensiones de 0,67 metros de largo, 2 metros de ancho y una profundidad de 1,49 metros y con capacidad de 2 metros cúbicos.

Foto 5. Tanque de acero y filtro de arena



E. Tuberías: la red de tuberías que llega a las máquinas para este circuito está constituida de la misma manera que lo descrito para el circuito de enfriamiento del aceite, con tubería de suministro de 1,5 de diámetro nominal y de retorno de 2 pulgadas de diámetro. Su longitud es igual.

En las figura 4 y 5 se representan los circuitos de refrigeración de los moldes y aceite hidráulico respectivamente.

Figura 4. Circuito de enfriamiento moldes

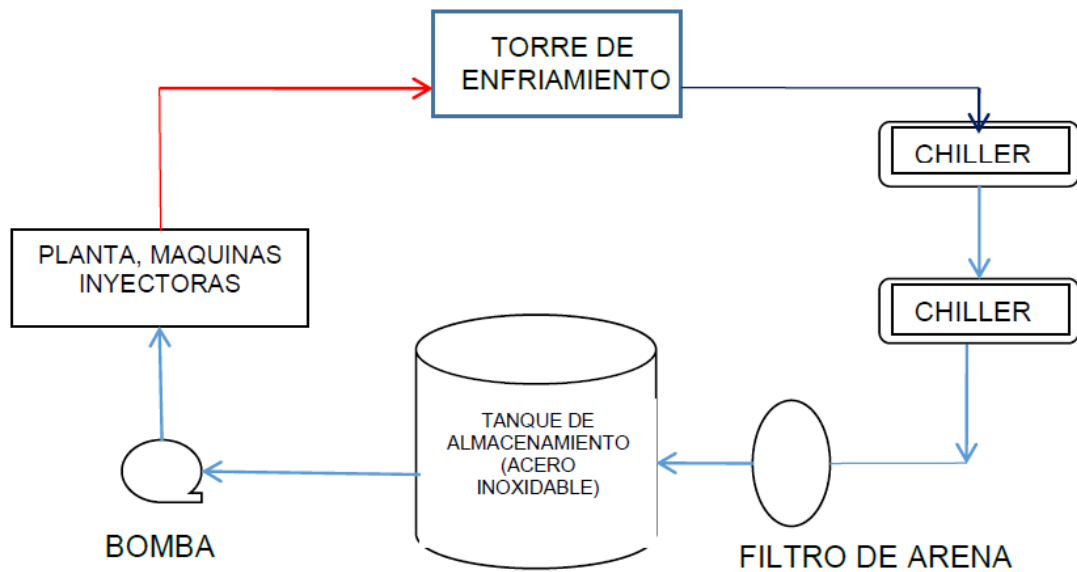
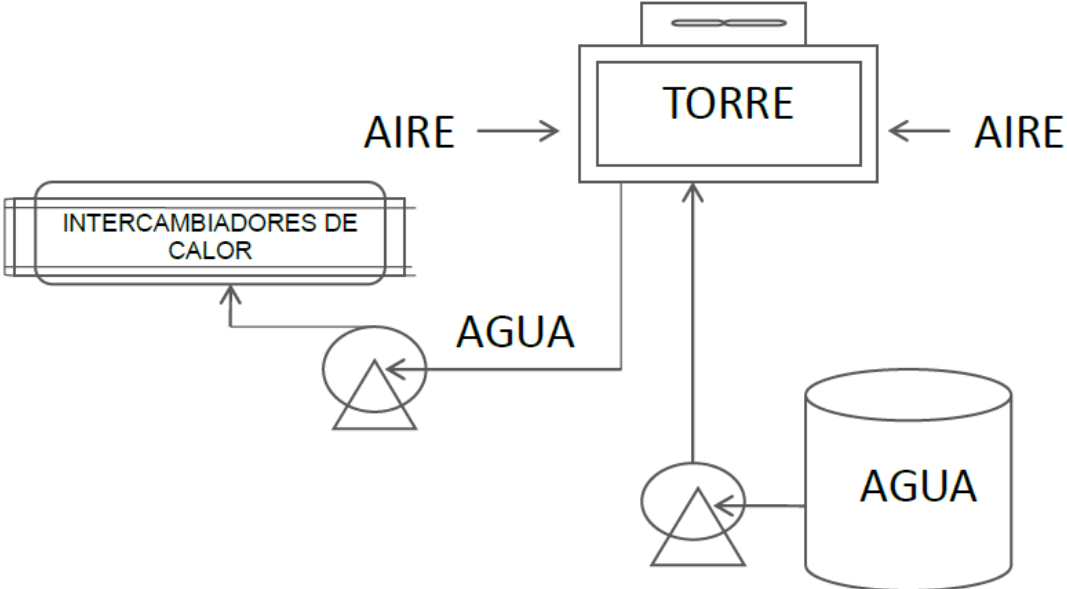


Figura 5.Sistema cerrado de enfriamiento



4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Mediante la realización del diagnóstico ambiental se desea hacer una evaluación preliminar de la calidad del agua utilizada durante el ciclo previo a su vertimiento al sistema de alcantarillado, estableciendo inicialmente el cumplimiento de la normatividad legal ambiental. Adicionalmente, el diagnóstico permitirá establecer mejoras en el proceso de enfriamiento.

4.1. ZONA DE UBICACIÓN DE LA EMPRESA

Área urbana

Zona residencial

Zona industrial

Zona semi-industrial

Parque industrial

Zona franca

Zona comercial

Zona suburbana

Área rural (agropecuaria-agroindustrial)

Áreas protegidas

4.2. DESCRIBIR QUÉ RODEA A LA EMPRESA

Casas residenciales

Empresas de actividad industrial o de servicios

Zonas agropecuarias

Reservas naturales

Monumentos históricos

Vías de comunicación

Ríos, lagunas, lagos, otros cuerpos de agua (cuencas, microcuencas)

Otros, especifique: _____

4.3. REQUISITOS LEGALES (CUMPLIMIENTO LEGAL)

1. ¿Han caracterizado las aguas residuales de su proceso de producción?

Si No X

2. ¿Conocen los peligros potenciales relacionados con su operación?

Si No

4.4. GESTIÓN AMBIENTAL (REVISIÓN GESTIÓN ADMINISTRATIVA)

1. ¿Su organización tiene implementado Sistema de Gestión ambiental?

Si No

4.5. OBSERVACIONES DURANTE RECORRIDO A LA PLANTA

No.	Observación	Ubicación de la observación	Razón
1	Despilfarros de agua	En el área de limpieza de tanques y aumento en consumo de agua de reposición por evaporación y arrastre.	Durante el lavado de las torres de enfriamiento. Desperdicio de agua durante el llenado de tanques de almacenamiento.
2	Los vertimientos van directamente al alcantarillado sin ningún tratamiento previo	Ciclo de enfriamiento	La planta no cuenta con sistema de tratamiento de aguas industriales
3	Estado de las tuberías del ciclo de enfriamiento	Ubicadas en cárcamos y línea de enfriamiento que atraviesa la planta	No se ha detectado fuga de agua.
4	Tiempo de duración de la operación	Continua de Lunes a Sábado, tres turnos	Requerimiento de producción
5	Agua de reposición por evaporación	En tanques de almacenamiento del agua del circuito	Este volumen estuvo en promedio en 128 m ³ /mes.
6	Temperatura de entrada del	Temperatura de	No hay monitoreo

No.	Observación	Ubicación de la observación	Razón
	agua	entrada al circuito 13°C, mediciones puntuales a lo largo de dos meses	continuo de las temperaturas de entrada y salida en el circuito
7	Medición de otras variables	No se lleva registro de mediciones de pH, caudales de agua, consumo y pérdidas.	El agua de reposición en los tanques de almacenamiento lo hace operario sin medir el volumen adicionado al tanque.
8	Fuente de abastecimiento del agua	El agua de operación utilizada durante el ciclo de enfriamiento es tomada del EAAB	Ubicada en zona residencial
9	Generación de aguas residuales	El agua residual generada por Empreplast es de varios orígenes: - Cafeterías, baños - Tipo industrial originada -en el ciclo de enfriamiento	Vertimiento al alcantarillado del agua empleada en el proceso de fabricación de plásticos sin ningún tipo de tratamiento.
10	Reutilización del agua	Circuito de enfriamiento cerrado	Circuito cerrado pero el agua de reposición por evaporación y arrastre es alto
11	Tratamiento de final de tubo	El agua es vertida sin ningún tipo de tratamiento al sistema de alcantarillado.	No se ha caracterizado el agua de proceso. Tampoco se ha cuantificado la cantidad de sólidos generados.
12	Mantenimiento equipos	No hay establecida una frecuencia de mantenimiento a los equipos	El cambio del agua del circuito de enfriamiento se realiza cuando hay taponamiento en los canales de enfriamiento

No.	Observación	Ubicación de la observación	Razón
			de los moldes.
13	Fugas de agua en tuberías	Inspección visual	No se han detectado fluctuaciones en el medidor.

4.6. LISTA DE CHEQUEO PARA LA REVISIÓN DEL SISTEMA

Empresa: Empreplast Elaboró: Yaneth Higuera-Ángela Tarazona. Fecha: 22/03/2014

Aspectos objeto de revisión						Observaciones
	No	Mínimamente	Parcialmente	Sustancialmente	Totalmente	
1. ¿Las tuberías de distribución de agua están correctamente dimensionadas, instaladas y mantenidas?			X			
2. ¿Se reparan oportunamente fugas en bridas, uniones y válvulas?				X		
3. ¿Los medidores de flujo están operando correctamente?		X				
4. ¿Se mide la calidad del agua al terminar el ciclo de enfriamiento?	X					
5. ¿Los sólidos son removidos del sistema?	X					No se realiza purgas al sistema

Aspectos objeto de revisión	No	Mínimamente	Parcialmente	Sustancialmente	Totalmente	Observaciones
6. ¿Frecuencia de lavado?	X					No se ha establecido frecuencia. Este se realiza por el taponamiento en los moldes.
7. ¿Miden la cantidad de agua utilizada durante el lavado de equipos?	X					
8. ¿Se hace tratamiento químico al agua de enfriamiento?	X					
10. ¿Se verifica el estado de los moldes continuamente?			X			La limpieza de los canales de los moldes no se realiza al terminar la operación
11. ¿Se verifica el funcionamiento del filtro de arena?	X					No hay forma de evaluarse porque no hay acceso a la tubería de entrada y salida
12. ¿Se evalúa las temperaturas de entrada y salida del sistema?	X					
13. ¿Se tienen estudios y se implementan métodos para cuantificar, medir y valorar el agua perdida?	X					
14. ¿Se capacita y entrena al personal técnico y operarios en la importancia del mantenimiento de todos los elementos del sistema de enfriamiento?	X					

Adaptado de: ANDI/EEPP/UPB. *Guías para el Uso Racional de Energía por Procesos en la Industria*. Segunda Edición. Medellín, 1998

4.7. REGISTRO DEL CONSUMO DE AGUA

Empresa: Empreplast. Elaboró: Yaneth Higuera-Ángela Tarazona. Fecha:
22/03/2014

Fuente de abastecimiento	Cantidad (m ³ /por período de tiempo)*	Costo por m ³	Costos (\$/por período de tiempo)	Actividad u operación donde se consume
Red pública del acueducto	128 m ³ /mes (valor estimado)	\$1559		Circuito de enfriamiento
Red pública del acueducto	86 m ³ /mes (valor estimado)	\$1559		Consumo doméstico en baños y actividades de las operarias

*Datos tomados de la facturación de los últimos meses del EAAB. Se calculó la cantidad de agua empleada por el circuito teniendo en cuenta volumen de tanques, longitud de tuberías, diámetro de las mismas y ecuaciones de diseño de las torres de enfriamiento. La empresa no controla el consumo de agua.

4.8. TABLA PARA EL REGISTRO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Empresa: Empreplast. Elaboró: Yaneth Higuera-Ángela Tarazona. Fecha:
22/03/2014

Tipo de Agua residual	Origen	Cantidad (m ³)*	Parte del volumen total de descarga	Costo	Parte del costo total de todo el volumen de descarga	Fuente receptora
Domésticas	Oficinas Administración	86				Alcantarillado público

Tipo de Agua residual	Origen	Cantidad (m³)*	Parte del volumen total de descarga	Costo	Parte del costo total de todo el volumen de descarga	Fuente receptora
De Proceso	Torre de refrigeración	128				Alcantarillado público
De proceso	Preparación materias primas	N/A				Alcantarillado público
De proceso	Centrífuga	N/A				Alcantarillado público
De Caldera	Caldera	N/A				Alcantarillado público
De lavado equipos y planta: se realiza en promedio dos veces al año	Planta de producción	134				Alcantarillado público. (Cuando hay descarga del agua del sistema)

*Valores tomados de la facturación EAAB

4.9. TABLA PARA EL REGISTRO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL SISTEMA

Empresa: Empreplast. Elaboró: Yaneth Higuera-Ángela Tarazona. Fecha: 09/04/2014

Descripción de la fuente/Tipo de agua residual	(Concentración de la descarga mg/L)			Otros parámetros		Norma legal
	Parámetros		Norma legal)	Nombre	Medición	
	Nombre	Medición				
INDUSTRIAL: AGUA DE CICLO ENFRIAMIENTO	pH	7,2	5 a 9 Unds.	Cloruros	41,6 ppm	
	DBO ₅	< 25		Hierro Total	0,59 ppm	
	Temperatura	13°C	≤ 40°C			
	DQO	< 32				
	Sólidos Sedimentables	0,2 ppm	≤ 10 ppm			
	SST	30,4 ppm				

*Monitoreo tomado al agua del circuito de enfriamiento el 09 de Abril, análisis realizados por Ingeniería medio ambiental Ltda.

En la tabla 3 se realiza una comparación del agua como entró al sistema y como está al 9 de abril de 2014.

Tabla 3. Comparación del agua del sistema

PARAMETRO ANALIZADO	ENTRADA AL SISTEMA	SALIDA DEL SISTEMA
pH	6,5 a 9,0 *	7,2
Temperatura		13 °C
Sólidos sedimentables		0,2 ppm
Sólidos Suspendidos Totales		30,4 ppm

PARAMETRO ANALIZADO	ENTRADA AL SISTEMA	SALIDA DEL SISTEMA
DQO	< 8 ppm **	< 32
DBO	< 3 ppm **	< 25

*Tomado de la Resolución 2115 de 2007

Fuente: UPGC Analisis de agua [en línea] disponible en:
[//www.ulpgc.es/hege/almacen/download/30/30673/tema5 analisisdeaguas.pdf](http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/30/30673/tema5 analisisdeaguas.pdf)

5. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS AGUA SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

SEMANA	SITIO TOMA DE MUESTRA	pH	DUREZA (ppm)	ALCALINIDAD P (ppm)	ALCALINIDAD M (ppm)	CLORUROS (ppm)	HIERRO (ppm)	TEMPERATURA °C	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	OBSERVACIONES
SEMANA 0 (Muestras tomadas antes del 24-12, antes de limpieza de tanques y cuando el agua llevaba al menos 3 meses en los circuitos)										
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA MOLDES										
semana 0	Salida de agua de molde en maquina 2	6,5	75	0	43.03	24	0	No medida	No medida	Agua con apariencia limpia.
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE										
semana 0	Salida de agua de aceite en maquina 2	6,5	80	0	40,05	26	0,2	No medida	No medida	Agua con apariencia limpia.
SEMANA 1										
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA MOLDES										
28/01/2014-04/02/2014	Entrada a torre de enfriamiento 1. (Circuito de refrigeración para moldes, torre amarilla)	7	40	0	65,05	24	0	14,8	No medida	Este punto corresponde al agua que ya ha recorrido el circuito de refrigeración de moldes de las maquinas inyectoras y vuelve a la torre del circuito para volver a ser enfriada. Esta torre la llamamos 1.
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE										

SEMANA	SITIO TOMA DE MUESTRA	pH	DUREZA (ppm)	ALCALINIDAD P (ppm)	ALCALINIDAD M (ppm)	CLORUROS (ppm)	HIERRO (ppm)	TEMPERATURA °C	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	OBSERVACIONES
28/01/2014-04/02/2014	Entrada a torre de enfriamiento 2. (Circuito de refrigeración para aceite hidráulico, torre azul)	7	50	0	90,07	60	0,2	25.5	No medida	Este punto corresponde al agua que ya ha recorrido el circuito de refrigeración de aceite hidráulico y vuelve a la torre del circuito para volver a ser enfriada. A esta torre se le llama torre 2,
SEMANA 2										
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA MOLDES										
06/02/2014-15/02/2014	Entrada a torre de enfriamiento 1. (Circuito de refrigeración para moldes, torre amarilla)	7	60	0	55,044	34	0	13.9	100	Agua con apariencia limpia. Corresponde al retorno del agua del circuito de enfriamiento de los moldes
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE										
06/02/2014-15/02/2014	Entrada a torre de enfriamiento 2. (Circuito de refrigeración para aceite hidráulico, torre azul)	7	50	0	62,55	42	0	24.5	140	Agua con apariencia limpia. Corresponde al retorno del agua del circuito de enfriamiento para el aceite hidráulico.
SEMANA 3										
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA MOLDES										
15/02/2014-21/02/2014	Entrada a torre de enfriamiento 1. (Circuito de	7,2	70	0	65,052	32	0	15,5	130	Muestra al cabo de la semana tiene varias partículas de color café-

SEMANA	SITIO TOMA DE MUESTRA	pH	DUREZA (ppm)	ALCALINIDAD P (ppm)	ALCALINIDAD M (ppm)	CLORUROS (ppm)	HIERRO (ppm)	TEMPERATURA °C	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	OBSERVACIONES
	refrigeración para moldes, torre amarilla)									rojizo. Retorno de agua del circuito de enfriamiento de moldes.
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE										
15/02/2014-21/02/2014	Entrada a torre de enfriamiento 2. (Circuito de refrigeración para aceite hidráulico, torre azul)	7,8	80	0	60,048	40	0	27	190	Apariencia de agua es limpia sin sólidos. Retorno de agua del circuito para aceite hidráulico.
SEMANA 4										
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA MOLDES										
22/02/2014-01/03/2014	Piscina torre 1 o amarilla, luego de agitación	7	90	0	70,06	88	0,1	17	170	
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE										
22/02/2014-01/03/2014	Piscina torre 2 o azul, luego de agitación	7	110	0	70,056	98	1	23	180	

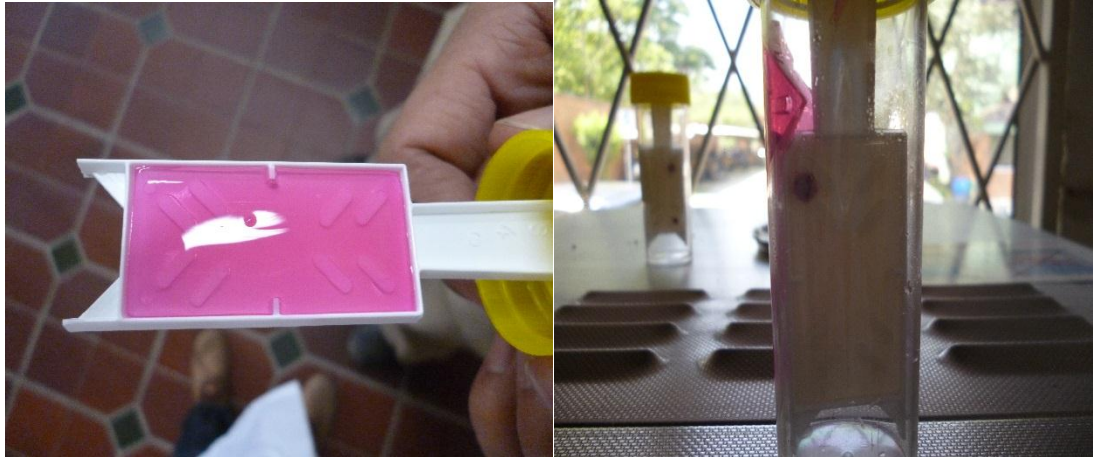
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como resultado del diagnóstico ambiental se puede evidenciar:

- La dureza total que se encuentra en el sistema no sale de los límites establecidos para el correcto funcionamiento del sistema, sin embargo es preferible que se siga realizando el monitoreo hasta la descarga del líquido refrigerante.
- El pH del agua de enfriamiento se mantiene constante en el rango de 6,5 a 7,5 durante todo el ciclo, este hecho es corroborado por los resultados de los análisis de alcalinidad realizados a las muestras de agua durante todo el periodo de evaluación, cuyas variaciones no fueron significativas.
- En los puntos de bajo flujo de agua se evidencia mayor precipitación de sólidos algo normal si tenemos en cuenta que no se realizan purgas en el sistema lo que hace que su concentración aumente con el paso del tiempo; además del aumento en la concentración de éstos por la evaporación misma del agua teniendo en cuenta que estos sólidos no son volátiles.
- Durante el periodo evaluado se encontraron deltas de temperatura bajos (10°C máximo) lo que contribuye a minimizar la formación de incrustaciones.
- La concentración de sólidos totales disueltos máxima hallada a la salida de los tanques de almacenamiento fue de 190 ppm. El control de este parámetro permite determinar si hay condiciones de crecimiento microbiológico en el medio.
- Uno de los factores que está afectando la eficiencia del sistema es el ensuciamiento originado por la concentración de los sólidos suspendidos totales
- La evaluación cualitativa microbiológica del agua mediante prueba rápida Indubacter MHL para caracterización de aguas industriales demostró presencia de hongos por el crecimiento de los mismos en el medio de cultivo Agar

PlateCount. El crecimiento de bacterias en el medio de cultivo Agar Rosa de Bengala fue mínimo.

Foto 6. Crecimiento microbiano



- Durante la visita se evidencio una película rojiza (foto 7) sobre los moldes, se descarta inicio de proceso de corrosión por hierro al comparar el resultado de análisis de 0,59 ppm respecto a la concentración de diseño. Para verificar si hay un proceso corrosivo se requiere un análisis de otros metales.

Foto 7. Estado de moldes Acero al carbón



- La concentración de cloruros no es muy alta para considerarla activador de corrosión.

7. CONCLUSIONES

Durante el periodo de evaluación se evidenció que el fluido del sistema de refrigeración no representa un factor contaminante al momento del vertimiento por su bajo contenido en carga orgánica.

De acuerdo a los resultados obtenidos, al no realizarse purga en el sistema para la remoción de sólidos, este parámetro se encuentra por fuera del rango aconsejado de operación en torres de enfriamiento.

Los resultados del monitoreo demostraron un comportamiento lineal durante el periodo de estudio.

Tanto las variables operativas como las de diseño del sistema son fundamentales para estimar la frecuencia de descarga del fluido al alcantarillado.

Se propone una frecuencia de monitoreo diaria para variables operacionales y control al fluido mediante análisis físicos básicos. Semanalmente, la realización de pruebas rápidas: dureza total, alcalinidad, hierro y conductividad eléctrica permitirán disminuir incrustación y ensuciamiento en los canales de refrigeración. En cuanto a la valoración de la calidad del agua se plantea la demanda biológica de oxígeno (DBO_5) y los sólidos suspendidos totales (SST) como parámetros de estudio.

8. RECOMENDACIÓN

Replantear el diseño del circuito de refrigeración para que no se presente congelamiento de agua a la salida.

Establecer controles a las variables operacionales de importancia en la eficiencia del proceso.

Determinar la cantidad de agua perdida por arrastre y evaporación

Realizar purgas continuas a los tanques de almacenamiento y las torres de enfriamiento para disminuir ensuciamiento en tuberías y moldes. El volumen de purga está determinado por las condiciones de diseño de la torre.

Monitorear quincenalmente la concentración de sólidos suspendidos totales con el fin de determinar frecuencia de cambio del fluido refrigerante y cumplimiento de la normatividad legal.

Evaluación económica de un sistema de enfriamiento por aire.

BIBLIOGRAFIA

ASKELAND, Donald R. Ciencia e ingeniería de los materiales 4a. México: Thomson, 2004.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, MINISTERIO DE SALUD Y EL DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá D.C., 1984.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 de 2010 Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2010.

IXTEPAN, Gabriel. Reducción del factor de ensuciamiento en intercambiadores de calor de un solo pasomediante la aplicación de un óptimo tratamiento al agua de enfriamiento. México, 2009.

LOKENS GARD, Richardson. Industria del plástico: plástico industrial. Madrid: Paraninfo, 2000. 98 p

Materiales plásticos, textiles, pétreos y cerámicos. [En línea]. [Consultado el: 13 de diciembre de 2013.]. Disponible en Internet: <https://sites.google.com/site/cuadernodejosan/tema-5>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía ambiental proceso básico para transformación plástico. Bogotá, 2004.

Servicio de tratamientos químicos de agua para sistemas de clarificación, sistema de generación de vapor, sistema de torres de enfriamiento. [En línea]. [Consultado el: 10 de febrero de 2014.]. Disponible en Internet:<http://contratos.ecopetrol.com.co/Anexos%20de%20Procesos/IM00722/Anexo%202.%20Especificaciones%20t%C3%A9cnicas.pdf>

Tema 3. Bases del procesado de polímeros. [En línea]. [Consultado el: 13 de diciembre de 2013.]. Disponible en Internet:<http://iq.ua.es/TPO/Tema3.pdf>

UD 5: Materiales plásticos. [En línea]. [Consultado el: 13 de diciembre de 2013.]. Disponible en Internet:
<http://www.edu.xunta.es/centros/iessantomefreixeiro/system/files/plastico.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Listado de abreviaturas y símbolos

R	Caudal másico de reposición
P	Caudal másico debido a la purga
A	Caudal másico debido al arrastre
E	Caudal másico debido a la evaporación
Q_p	Cantidad de energía que se debe eliminar por unidad de tiempo
C_m	Caudal másico de agua que se debe circular por el proceso
C_{pL}	Calor específico del agua
T_s	Temperatura de salida del agua en la torre
T_e	Temperatura de entrada del agua en la torre
$E\Lambda$	Calor de evaporación del agua

Anexo B. Marco legal

Norma	Contenido
Ley 09/79	Código Sanitario Nacional
Ley 99/93	Reglamenta la creación del Ministerio del Medio Ambiente. Se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables. Se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).
Ley 373/97	Con el objeto de proteger el recurso hídrico y garantizar su uso racional, impone obligaciones a quienes administran y/o usan el recurso
Decreto presidencial 2811/74	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al medio ambiente
Decreto presidencial 1541/78	Se reglamente la parte III del libro II del Decreto-Ley 2811/74: de las aguas no marítimas y parcialmente la Ley 23/73 (la cual concede facultades extraordinarias al Presidente para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente)
Decreto 1594/84	Reglamentación sanitaria sobre agua y residuos líquidos. Reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09/79, así como el capítulo II del Título VI-Parte III-Libro II y el Título III de la parte III-Libro I- del Dec. 2811/74 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos
Decreto 2667/12	Por la cual se reglamenta por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

**Anexo C. Parámetros más importantes contemplados por la ley colombiana
para la descarga de vertimientos**

Parámetro	Símbolo	Unidad
pH	pH	Unidad
Temperatura	-	Grados centígrados (°C)
Sólidos suspendidos	SS	mg/L
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L
Aceites y grasas	-	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/L
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L
Conductividad	Conductividad	µs/cm
Bario	Ba	mg/L
Cadmio	Cd	mg/L
Cobre	Cu	mg/L
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/L
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L
Mercurio	Hg	mg/L
Níquel	Ni	mg/L
Arsénico	As	mg/L
Plata	Ag	mg/L
Plomo	Pb	mg/L
Selenio	Se	mg/L
Cianuro	CN	mg/L
Difenilpoliclorados	Concentración de agente activo	mg/L
Mercurio orgánico	Hg	mg/L

Parámetro	Símbolo	Unidad
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/L
Cloroformo extraído del petróleo	ECC	mg/L
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L
Sulfuro de carbono	mg/L	mg/L
Compuestos de cloro	Activante concentrado	mg/L
Compuestos de fosfato	Activante concentrado	mg/L
Carbamatos	Activante	mg/L
Coliformes totales	NMP	Número de microorganismo/MI
Aluminio	Al	mg/L
Zinc	Zn	mg/L
Cobalto	Co	mg/L
Hierro	Fe	mg/L
Flúor	F	mg/L
Litio	Li	mg/L
Manganeso	Mn	mg/L
Molibdeno	Mo	mg/L
Vanadio	V	mg/L
Boro	B	mg/L
Nitratos+nitritos	N	mg/L
Contenido de sales	Peso total	mg/L

Sustancias de interés sanitario ¹		
Arsénico	Bencenos clorados	Naftalenos clorados:
Bario	diferentes a los	-2-Cloronaftaleno
Cadmio	diclorobencenos:	
Cianuro	-Clorobenceno	Fenoles clorados diferentes
Cobre	-Hexaclorobenceno	a otros de la lista, incluye
Cromo	-1,2,4 –Triclorobenceno	cresoles clorados:
Mercurio		-2, 4, 6 Triclorofenol
Níquel	Etanos clorados:	-Paraclorometacresol
Plata	-1,2, - Dicloroetano	-Cloroformo (Triclorometano)
Plomo	-1,1,1 – Tricloroetano	-2-Clorofenol
Selenio	-Hexacloroetano	
Acenafteno	-1,1 –Dicloroetano	Diclorobencenos:
Acroleina	-1,1,2 – Tricloroetano	-1,2-Diclorobenceno
Acrilonitrilo	-1,1,2,2 – Tetracloroetano	-1,3-Diclorobenceno
Benceno	-Cloroetano	-1,4-Diclorobenceno
Bencidina		
Tetracloruro de	Cloro alquil éteres:	Diclorobencidina:
Carbono	-Bis (clorometil) éter	-3,3'-Diclorobencidina
(Tetraclorometano)	-Bis (2-cloroetil) éter	
	-2-cloroetil vinil éter	Dicloroetilenos:
	(mezclado)	-1,1-Dicloroetileno
		-1,2-Trans-dicloroetileno
		-2,4-Diclorofeno

¹ Entiéndase por usuario de interés sanitario aquél cuyos vertimientos contengan las sustancias señaladas aquí.

<p>Dicloropropano y Dicloropropeno:</p> <ul style="list-style-type: none"> -1,2-Dicloropropano -1,3- Dicloropropileno -1,3-Dicloropropeno -2,4-Dimetilfenol <p>Dinitrotolueno:</p> <ul style="list-style-type: none"> -2,4-Dinitrotolueno -2,6-Dinitrotolueno -1,2-Difenilhidracina -Etilbenceno -Fluoranteno <p>Haloéteres (diferentes a otros en la lista):</p> <ul style="list-style-type: none"> -4-Clorofenil fenil éter -4-Bromofenilfenil éter -Bis (2 Cloroisopropil) éter -Bis (2-Cloroetoxi) metano <p>Nitrosaminas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -N-Nitrosodifenilamina -N-Nitrosodi – n- Propilamina-Pentaclorofeno – Fenol – N – Nitrosodimetilamina <p>Hidrocarburos aromáticos polinucleares:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Benzo (a) antraceno (1,2- benzantraceno) -Benzo (a) pireno (3,4 – benzopireno) -3,4-benzofluoranteno -Benzo (k) fluoranteno (11, 12 – benzofluoranteno) -Criseno -Acenaftileno -Antraceno 	<p>Hamelotanos (diferentes a otros en la lista):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Metilen cloruro (Diclorometano) -Metil cloruro (Clorometano) -Metil Bromuro (Bromometano) -Bromoformo (Tribromometano) -Diclorobromometano -Triclorofluorometano -Diclorofluorometano -Clorodibromometano -Hexaclorobutadieno -Hexaclorociclopentadieno -Isoforon -Neftaleno -Nitrobenceno <p>Nitrofenoles:</p> <ul style="list-style-type: none"> -2-Nitrofenol -4-Nitrofenol -2,4-Dinitrofenol -4,6-Dinitro-o-Cresol <p>Ftalato esterres:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Bis (2-etilhexil) ftalato -Butilbenzilftalato -Di – n – butilftalato -Di – n – octal ftalato -Dietilftalato -Dimetilftalato <p>Pesticidas y Metabolitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aldrín -Dieldrín -Clrodano
---	--

<p>Heptacloro y Metablitos:</p> <p>-Heptacloroepóxido</p> <p>Hexaclorociclohexano (todos los isómeros):</p> <p>-a – BHC – Alpha</p> <p>-b – BHC – Beta</p> <p>-r – BHC (lindano) – Gamma</p> <p>-g – BHC Delta</p> <p>Bifenilpoliclorados:</p> <p>-PCB – 1242 (Arocloro 1242)</p> <p>PCB – 1254 (Arocloro 1254)</p> <p>-PCB – 1221 (Arocloro 1221)</p> <p>-PCB – 1232 (Arocloro 1232)</p> <p>-PCB – 1260 (Arocloro 1260)</p> <p>-PCB – 1016 (Arocloro 1016)</p> <p>-Toxafeno</p> <p>-Antimonio (total)</p> <p>-Asbesto (fibras)</p> <p>-Berilio</p> <p>-Cinc</p> <p>-2,3,7,8 – Tetraclorodibenzeno – p dioxin (TCDD)</p>	<p>Compuestos adicionales:</p> <p>-Acidoabiético</p> <p>-AcidoDehidroabiético</p> <p>-AcidoIsopimárico</p> <p>-Acidopimárico</p> <p>-Acido oleico</p> <p>-AcidoLinoleico</p> <p>-AcidoLinolénico</p> <p>-9,10 – Acido Epoxiteárico</p> <p>-9,10 – Acido Dicloroesteárico</p> <p>-AcidoMonoclorodehidroabiético</p> <p>-AcidoDiclorodehidroabiético</p> <p>-3,4,5 – Tricloroguayacol</p> <p>-Tetracloroguayacol</p> <p>-Carbamatos</p> <p>-Compuestos fenólicos</p> <p>-Difenilpoliclorados</p> <p>-Sustancias de carácter explosivo, radioactivo, patógeno.</p>
--	---

Anexo D. Información preliminar Empreplast

Durante visita realizada a las instalaciones de la planta el día 22 de marzo, se realizó el siguiente cuestionario al personal de mantenimiento encargado del proceso de enfriamiento.

Nombre de la empresa	EmpreplastLtda
Tipo de actividad industrial que desarrolla la empresa	Fabricación de productos plásticos
Fecha de fundación	20 de Mayo 1981
Dirección donde se ubica la empresa	Cra. 6 N 8-45 sur
Otras direcciones	Transversal 49 n 5 G 50 Zona Industrial de Puente Aranda
Teléfono	2 33 2495
Fax	2891000
Representante legal	Jesús María Vélez Castrillón
Gerente general	Jesús María Vélez Castrillón
Responsable de la gestión ambiental	No hay persona responsable
Representante de seguridad industrial y salud ocupacional	Nataly Muñoz
Número de empleados	160
Tiempo completo: Directos por la empresa	40
Contratados por temporal	120
Programa de operación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de turnos:3 ➤ Horas/día:24 ➤ Días a la semana:7

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Semanas al año:48
Distribución y calificación de los empleados de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de profesionales y tecnólogos:21 ➤ Número de obreros calificados:70 ➤ Número de obreros no calificados:48 ➤ Número de profesionales y tecnólogos en cargos administrativos:14 ➤ Número de profesionales y tecnólogos en planta:7

Anexo E. Documentación solicitada

Documento	Disponible		No aplica/Irrelevante
	Si	No	
1. Organigrama		x	
2. Plano del circuito	x		
3. Planos que muestren la ubicación de la empresa y la proximidad a zonas residenciales, ríos, etc.		x	
4. Copias de los permisos ambientales		x	
4.1. Licencia ambiental			x
4.2. Permiso provisional de vertimientos		x	
4.3. Permiso definitivo de vertimientos		x	
4.4. Permiso para aprovechamiento de aguas subterráneas			N/A
4.7. Concesión de aguas			N/A

Plano del circuito

A1: Tanque de almacenamiento de Agua circuito de refrigeración de moldes (Compartimiento izquierdo)

A2: Tanque de almacenamiento de Agua circuito de refrigeración de moldes (Compartimiento derecho)

B: Filtro de arena

E: Torre de Enfriamiento del circuito de agua para moldes

F: Torre de enfriamiento de agua para Aceite

G: Bomba para llevar agua a los Chiller

Anexo F. Programa de monitoreo

PROGRAMA DE MONITOREO		
Entrada al sistema de enfriamiento		
Parámetros	Limite	
pH	6,5 a 9,0	
Temperatura	----	
Dureza total	300 mg/L CaCO ₃	
Hierro	0,3 mg/L	
Alcalinidad	200 mg/L CaCO ₃	
Conductividad Eléctrica	----	
Salida de sistema de enfriamiento		
Parámetros diarios		
pH	6,5 a 9,0	
Caudal		
Temperatura entrada		
Temperatura salida		
Volumen de evaporación		
Volumen de purga		
Parámetros semanales		
Dureza total		
Hierro	< 3 mg/L	
Alcalinidad		
Conductividad Eléctrica		

Parámetros mensuales		
SST		
DBO		