



Diseño y evaluación de un sistema de tratamiento piloto para las aguas residuales provenientes de la construcción del sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales

Ing. Claudia Patricia Cruz Henao

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia
2015

**Diseño y evaluación de un sistema de tratamiento piloto
para las aguas residuales provenientes de la construcción
del sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales.**

Claudia Patricia Cruz Henao

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al
título de:

Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director (a): Nelson Rodríguez Valencia
Ingeniero Químico. Dr. en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente,

Línea de Investigación:
Biosistemas integrados

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia

2015

A Dios, a mi hijo y mi sobrina que son mi motor y mi vida, a mis padres y esposo por su apoyo, a mis hermanos por su comprensión.

Un especial y sincero agradecimiento al Dr. Nelson Rodríguez Valencia, Ingeniero Químico, PhD. en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Investigador científico III Disciplina Gestión de Recursos Naturales y Conservación. Cenicafé. Director de Tesis. Y sus Colaboradores Ing. Laura Quintero Yepes, Asistente de investigación. Gestión de Recursos Naturales y Conservación y Sr. Samuel Castañeda, Gestión de Recursos Naturales y Conservación. Sin ellos, su ayuda y sus conocimientos, esta tesis sencillamente no hubiese sido posible. Agradezco también a la entidad Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé. —Pedro Uribe Mejía

Resumen

Con el fin de diseñar un sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes de la construcción en el sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales, se realizó una caracterización de la cantidad y calidad de los vertimientos generados en esta actividad. La cantidad promedio de agua residual generada fue el 71% del agua usada para realizar la actividad. Muestras puntuales de las aguas residuales generadas en el vaciado de muros estructurales en una obra de un bloque de apartamentos, fueron recolectadas y analizadas. La caracterización de las aguas residuales mostró presencia de grasas y altos contenidos de sólidos sedimentables, alcalinidad, dureza y pH debido a los carbonatos presentes en las materias primas utilizadas en el sector. Además de los valores de DQO, Sólidos totales y Sólidos suspendidos que están por encima de lo que exige la normativa siendo necesaria la implementación de una planta de tratamiento para disminuir las concentraciones de estos parámetros a los valores exigidos en la norma.

Con base en las caracterizaciones de las aguas residuales generadas se realizaron pruebas de tratabilidad para generar el diseño del sistema de tratamiento y se evaluó un piloto a escala de laboratorio. Se encontró una dosis de carbonato de sodio de 1,5 g/L de agua residual para realizar el ablandamiento y un valor de ácido sulfúrico 0,5N de 30,5 ml/L de agua de residual para disminuir la alcalinidad. Básicamente, el sistema para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del sector inmobiliario requiere de un pre tratamiento (rejas que eviten el ingreso de partículas gruesas a la planta), de un tratamiento primario (trampa de grasas y sedimentador en el que se calculó un tiempo máximo de retención de 15 minutos), de un tratamiento secundario (tanque de precipitación química y sedimentador con un tiempo mínimo de retención de 24 horas) y de un tratamiento terciario (tanque de neutralización) y filtro.

Los resultados obtenidos en el sistema piloto mostraron remociones de 81,15 % para DQO, 99,53% para Dureza, 88,29% para Alcalinidad, 93,82% para Sólidos Suspendidos, 99,20% para Sólidos Totales, 96,77% para el Color y 94,00% para la Turbidez.

Palabras clave: Aguas residuales industriales, construcción sector inmobiliario, tratamientos físicos, tratamientos químicos, contaminación hídrica.

Abstract

In order to design a treatment system for wastewater from construction in the private housing sector in the city of Manizales, a characterization of the quantity and quality of discharges generated in this activity was performed. The average amount of wastewater generated was 71% of the water used for the activity. Grab samples of the wastewater generated in emptying structural walls in a work of an apartment block, were collected and analyzed. Characterization of sewage showed presence of high levels of fats and settleable solids, alkalinity, hardness and pH due to the carbonates in the raw materials used in the sector. Besides the values of COD, total solids and suspended solids that are above what is required by law therefore is necessary to implement a treatment plant to loss the concentrations of these parameters to the values specified in the standard.

Based on characterizations of the generated wastewater treatability tests were performed to generate the design of the treatment system and a pilot laboratory scale was evaluated. One dose of sodium carbonate 1.5 g / L of residual water was found to perform softening and a value of 0.5N sulfuric acid 30.5 ml / L of water to decrease the residual alkalinity. Basically, the system for treating wastewater from real estate requires a pretreatment (bars that prevent entry of coarse particles to the plant) of primary treatment (grease trap and settler in which calculated a time retention maximum 15 minutes), secondary treatment (chemical precipitation tank and a settler minimum retention time of 24 hours) and tertiary treatment (neutralization tank) and filter.

The results obtained in the pilot system showed removals of 81,15% for COD, 99,53% for Hardness, 88,29% for Alkalinity, 93.82% for Suspended Solids, 99,20% for Total Solids, 96,77% for Color and 94,00% for Turbidity.

Keywords: Industrial waste, construction real estate, physical treatments, chemical treatments, water pollution.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XII
Lista de tablas	XIII
Introducción	15
Problema de Investigación	17
Descripción del Área Problemática.....	19
Pregunta de Investigación	20
Justificación	21
Objetivos.....	23
Hipótesis de Trabajo	24
Capítulo 1 Marco teórico.....	25
1.1 Impacto ambiental del sector de la construcción.....	25
1.2 Contribución del sector en la contaminación y en la demanda del recurso Hídrico.....	30
1.2.1 Impactos al agua	31
1.2.2 Impactos al Suelo	32
1.3..... Materias primas utilizadas en el sector y su composición	33
1.3.1 Materiales de construcción.....	33
1.4 Sistemas constructivos	35
1.4.1 Sistema constructivo industrializado o muros vaciados.....	35
1.4.2 Sistema mano portable	36
1.4.3 Sistema túnel	37
1.5 Elementos comunes de los sistemas	38

1.6 Tipología de proyectos constructivos	41
1.7 PROYECTOS SEGUN LOS TIPOS	42
1.7.1 Proyectos Tipo I.....	42
1.7.2 Proyectos tipo II.....	43
1.7.3 Proyectos Tipo III.....	44
1.8 Prevención de la contaminación de cuerpos de agua y redes de servicios públicos	44
1.8.5 Control sobre el consumo de agua	50
1.9 Características del agua	50
1.10 Sistemas de tratamiento de vertimientos	52
1.10.1 Sistemas de tratamiento	52
1.11 Los sistemas de tratamiento se pueden clasificar en:	57
1.11.1 Físicos:.....	57
1.11.2 Químicos:.....	60
A) Tratamiento preliminar	61
B) Tratamiento primario.....	62
C) Tratamiento secundario	62
D) Tratamiento terciario	62
1.12.1 Caracterización físico-química	63
1.13 Manual de Gestión Socio-Ambiental para Obras de Construcción	74
1.14	Normativa
.....	75
1.14.1 Normativa internacional.....	75
1.14.2 Normativa Nacional	78
Capítulo 2. Metodología	81
2.1 Sitio donde se realizó la investigación	81
2.2 Período de ejecución	81

2.3.....	Materiales utilizados	
.....		82
2.4.....	Métodos	
.....		82
2.4.1.....	Toma de muestras	
.....		82
2.4.2	Caracterización Fisicoquímica y microbiológica de las aguas residuales	86
2.5	Obtención de muestras en el laboratorio	90
2.6	Diseño del sistema de tratamiento	91
2.6.1	Pruebas de tratabilidad de las aguas residuales	91
Capítulo 3.	Resultados y Discusión	95
Capítulo 4.	Conclusiones y Recomendaciones	110
Referencias.....		112
<u>A Anexo 1: HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD, Portland Cement (cement) ...</u>		120
<u>B Anexo 2: Hoja de Seguridad de Material, Grava Caliza.</u>		130
<u>C.Anexo 3: hoja de datos de seguridad aceite lubricante usado.....</u>		138
<u>D. Anexo 4: Tarjeta de emergencia, información de seguridad del material ACPM.....</u>		142
<u>E.Anexo 5: diseño de mezclas de concreto portland.....</u>		147
<u>F.Anexo 6: Toma de muestras preliminar 1.....</u>		149

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: El ciclo de vida de un inmueble incluye desde la fabricación de los materiales para la construcción hasta su demolición	29
Figura 2: Sistema mano portable para la construcción de viviendas unifamiliares de concreto... ..	35
Figura 3. Sistema manoportable para la construcción de viviendas multifamiliares de concreto.....	36
Figura 4: Sistema túnel para la construcción de estructuras de concreto.....	37
Figura 5: Colocación de acero de refuerzo e instalaciones domiciliarias en sistemas Industrializados de construcción.	39
Figura 6: Limpieza de muros de concreto una vez retirada la formaleta.	40
Figura 7 Y 8. Actividades de limpieza Fuente: archivo personal.....	
Figura 9. Proceso de vaciado de muros estructurales con formaleta metálica.....	82
Figura 10. Generación de aguas residuales en las uniones de la formaleta metálica... ..	83
Figura 11. Aspecto de las muestras recolectadas	83
Figura 12. Caracterización preliminar.....	84
Figura 13. Formaleta y desmoldante	85
Figura 14. Sistema de recolección de aguas residuales.....	85
Figura 15. Aspecto del agua residual generada.....	85
Figura 16. Determinación de pH.....	86
Figura 17. Determinación de la conductividad	86

Figura 18. Determinación de la temperatura	87
Figura 19. Determinación de Color y Turbiedad	87
Figura 20. Determinación de la DQO	88
Figura 21. Determinación de Sólidos.....	88
Figura 22. Determinación de la alcalinidad	88
Figura 23. Determinación de la dureza.....	89
Figura 24. Determinación de Coliformes	89
Figura 25. Aspecto formaleta micro- piloto.....	90
Figura 26. Vaciado de un muro en el micro- piloto.....	90
Figura 27. Pruebas de tratabilidad para eliminación de dureza	91
Figura 28. Pruebas de tratabilidad para eliminación de alcalinidad	92
Figura 29. Tratamiento primario.....	92
Figura 30. Tratamiento secundario.....	93
Figura 31. Sistema de filtración utilizado en el tratamiento terciario.....	94
Figura 32. Recolección del agua filtrada.....	94
Gráfico 1. Resultados prueba de tratabilidad para eliminación de dureza	100
Gráfico 2. Resultados prueba de tratabilidad para eliminación de alcalinidad	102
Grafico 3. Remoción de la turbiedad a diferentes tiempos de retención.....	104
Grafico 4. Porcentajes de remoción de los parámetros evaluados en la planta piloto.	108

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1.....	30
<i>Algunos impactos típicos causados por la ejecución de una obra civil.....</i>	<i>30</i>
Tabla 2.....	46
Normas de vertimientos a un cuerpo de agua	46
Tabla 3.....	51
Características del agua	51
Tabla 4.....	95
Resultados Caracterización preliminar realizada en el SENA	95
TABLA 5.....	96
Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual generada.	96
Tabla 6.....	97
Valores promedio de los diez muestreos realizados en la caracterización de las aguas Residuales provenientes del sector de la construcción.....	97
Tabla 7.....	99
Resultados prueba de tratabilidad para eliminación de dureza a partir de una muestra con una dureza de 4220 mgCaCO ₃ /L (valor experimental obtenido de la realización del micro piloto) 99	
Tabla 8.....	101
Resultados Prueba de tratabilidad para eliminación de alcalinidad a partir de una muestra con Una alcalinidad de 3389 mgCaCO ₃ /L y un pH de 12,45 (valores experimentales obtenidos de La realización del micro piloto).	101
Tabla 9.....	102
Evaluación del tiempo de retención en el tratamiento de ablandamiento, a partir de una Muestra con una turbiedad de 50 FTU (valor experimental obtenido de la realización del Micro piloto)	102

Tabla 10.....	105
Tiempos máximos de retención de los sólidos sedimentables.	105
Tabla 11.....	106
Porcentaje de agua residual generada en el vaciado de muros a partir de 150 Litros/m ³ de Muro.....	106
Tabla 12.....	107
Características del agua residual sin tratar y tratada partir de una muestra obtenida de la Realización del micro piloto.	107
Tabla 13.....	108
Porcentajes de remoción de los parámetros evaluados en la planta piloto de tratamiento de las Aguas residuales provenientes del vaciado de muros.	108

Introducción

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo humano. En el caso de las ciudades: la industrialización, el crecimiento de la población, el consumismo y en general, el desarrollo normal de las actividades humanas hace uso del recurso hídrico. Sin embargo, no hay una racionalización en el consumo de agua para sus diferentes usos y tampoco una adecuada depuración de las aguas residuales generadas, por lo que la oferta en cantidad y calidad del agua para el abastecimiento de las ciudades está sufriendo un deterioro progresivo.

Hoy en día, la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas, y las poblaciones urbanas siguen creciendo rápidamente en muchas regiones. Las estrategias de gestión integrada de los recursos hídricos y las estrategias para responder a los riesgos relacionados con el agua son vitales. Estos asentamientos urbanos humanos crecientes no pueden ser sostenibles si no se garantiza un acceso seguro al agua potable y a un saneamiento adecuado (ONU, 2010).

En el área del saneamiento de las aguas residuales, falta mucho por hacer, si bien en la mayoría de proyectos de vivienda se exige que al interior de los conjuntos los alcantarillados de agua lluvias y de aguas residuales estén separados. Al llegar al alcantarillado principal de las ciudades los alcantarillados son compartidos, de esta manera las plantas de tratamiento reciben el caudal conjunto de aguas lluvias ya contaminadas con las aguas residuales.

Las aguas residuales provenientes de la construcción del sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales van a alcantarillados, y no existe aún una planta para el tratamiento de estas aguas.

Las obras civiles de vivienda en el área urbana a nivel nacional no cuentan con sistemas de tratamiento que mitiguen el impacto ambiental de sus vertimientos, siendo estos conducidos a los alcantarillados existentes en las ciudades sin tener presente los contenidos de cemento, aditivos, ACPM, aceites usados entre otros.

Las aguas residuales provenientes de la construcción del sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales pueden generar daños, por su composición y presencia de sólidos, en los sistemas de alcantarillados y en las futuras plantas de tratamiento.

Con la promulgación del Decreto 3930 del año 2010, que trata sobre los usos del agua y el ordenamiento del recurso y los vertimientos al mismo, se está preparando la norma sobre los parámetros y valores máximos admisibles que deben tener los vertimientos puntuales provenientes de los diferentes sectores productivos. En su última versión del año 2015 sometida consulta pública, los vertimientos provenientes del sector inmobiliario están agrupados en el capítulo VII y se exige que estos deben tener unas concentraciones máximas admisibles, para su descarga a cuerpos de agua superficiales, de 150 ppm para DQO, 50 ppm para sólidos suspendidos totales, 1 ppm para sólidos sedimentables, 10 ppm para aceites y grasas y un pH entre 6 a 9, entre otros.

Problema de Investigación

Las aguas residuales son un problema ambiental latente en los centros urbanos, en especial en aquellos que se encuentran en plena expansión, y un componente importante en estas son las procedentes del sector de la construcción.

Se estima que de los 75,95 m³/s de aguas residuales municipales que se produjeron en el país en el año 2010, sólo se trató el 24,92% (18,93 m³/s). (MAVT, 2010).

De otro lado, en lo que respecta a la cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado, se destaca que entre los años 1993 y 2003 la cobertura de los servicios de acueducto en Colombia ha aumentado significativamente, al pasar del 79,7% al 86,1% la de abastecimiento y del 73,2% a 82,0% la de alcantarillado (MAVDT, 2006).

Datos más recientes obtenidos por el censo del Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE correspondientes al año 2005, muestran que de los 9'742.928 hogares que hay en el país, 8'125.908 (83,4%) cuenta con el servicio de acueducto. Con respecto al alcantarillado, 7'117.781 hogares cuentan con el servicio (73,05%). (http://www.colombiastad.gov.co/index.php?option=com_content&task=view&id=351&Itemid=90. 2014).

Entre los años 2002 y 2006 ha existido un importante avance en el número de municipios que cuentan con sistema de tratamiento de sus aguas residuales al pasar de 218 en el 2002 a 355 en el 2006, no obstante, esta última cifra solo representa el 32,33% de los municipios del país (incluido el Distrito Capital), lo cual se puede calificar como una baja cobertura. Asimismo, los datos muestran que en el año 2006 habían 411 sistemas de tratamiento de aguas residuales construidos y 44 en proceso de construcción, cifra que también deja ver el importante avance frente a los 237 STAR

reportados en el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales del año 2004, es decir un incremento del 192% (incluidos los sistemas en construcción) (MAVDT, 2010).

En nuestro país, en la actualidad, más del 75% de las aguas residuales no reciben ningún tipo de tratamiento antes de ser entregadas a los cuerpos de aguas (ríos, quebradas, mares, entre otros). Esto a pesar de contar con normativa como el Decreto 1594 de 1984 y el Decreto 3930 del año 2010 que obliga a los generadores de vertimientos a tratar sus aguas.

De acuerdo con esta problemática, de déficit en el número y en el rendimiento de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, es necesario realizar investigaciones tendientes a caracterizar los vertimientos generados por los diferentes sectores productivos y diseñar sistemas de tratamiento que permitan cumplir con los estándares normativos.

Descripción del Área Problemática

La mayoría de las obras civiles ejecutadas en el sector urbano vierten sus aguas al alcantarillado sin más tratamiento que una separación física de los elementos de mayor tamaño, solo se retiran los sólidos con un sencillo desarenado en algunos casos. No se separa las grasas, ni aceites, ni los aditivos, ni las lechadas de concretos, ni ninguna sustancia usada durante la ejecución de dichas obras. Existen valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas a alcantarillados públicos. Pero el vacío está en que los desechos generados de las obras civiles no son tratados antes de llevarlos a los alcantarillados ya que son considerados como domésticos.

La presente tesis busca diseñar y evaluar un sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes de la construcción en el sector inmobiliario privado y comparar los contenidos de los efluentes de la planta con los valores máximos permisibles en la norma sometida a consulta pública que próximamente regirá para todos los generadores de vertimiento puntuales.

Pregunta de Investigación

Después de conocer la composición de las aguas residuales provenientes del sector inmobiliario privado de la ciudad de Manizales; mediante su caracterización ¿Cuál es el sistema de tratamiento apropiado para la depuración de estas aguas Residuales?

Justificación

Las construcciones de todo tipo a lo largo de los años han sido contaminadoras en gran medida de recursos hídricos y de suelos, pero respaldados en su temporalidad y en el beneficio que generan tanto en contratación de mano de obra como en el resultado final y el uso de la construcción una vez terminada, no se ha contemplado como principales contaminadoras de los recursos naturales a largo plazo.

A medida que pasan los años las exigencias de infraestructura, de vías, de vivienda, hospitales, centros de recreación y dotaciones necesarias para el bienestar de los habitantes de cualquier país, ciudad o región van creciendo en la misma proporción en que aumenta su número de pobladores. También a mayor cantidad de habitantes mayor demanda de recursos naturales entre ellos el agua. (Leonard, 2010).

La construcción en general tiene un alto consumo de agua potable para la fabricación de concretos, lavados de formaletas y equipos entre otras actividades. El 40% de las materias primas en el mundo, que equivalen a 3000 millones de toneladas por año, son destinadas para la construcción. Esto mismo sucede con el 17% del agua potable (WorldGBC, 2008). Adicionalmente genera agua residual de las actividades mencionadas y estas aguas residuales a su vez contaminan Fuentes hídricas y suelos, la construcción del sector inmobiliario privado vierte estas aguas residuales al alcantarillado. Los alcantarillados están diseñados para vertimiento de aguas residuales domésticas y aguas industriales tratadas antes de ser vertidas.

La construcción del sector inmobiliario privado no tiene una exigencia en la normativa vigente referente a límites admisibles del agua residual antes de verterlos en los sistemas de alcantarillados. De esta falencia y de la experiencia en obra surge el presente trabajo de grado con el fin de conocer los componentes de las aguas residuales provenientes de la construcción del sector inmobiliario privado en la ciudad

de Manizales y poder determinar si es posible tratar y mejorar las condiciones de las aguas residuales antes de ser vertidas a los sistemas de alcantarillado. Minimizando así los daños causados a los sistemas existentes y contemplando a futuro plantas de tratamiento al final los sistemas de alcantarillado, donde los componentes de las aguas residuales se ajusten a una planta de tratamiento de residuos domésticos

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y evaluar a escala piloto un sistema para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la construcción - sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales.

Objetivos Específicos

- Cuantificar la cantidad de agua residual generada que se utiliza por m³ de Concreto.
- Caracterizar físico-químicamente y microbiológicamente las aguas residuales provenientes de la construcción sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales
- Determinar los componentes de un sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes de la construcción - sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales
- Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento propuesto en la remoción de parámetros de interés (SST, DQO, etc.) provenientes de la construcción sector inmobiliario privado en la ciudad de Manizales
- Determinar el potencial de reúso del agua tratada en el mismo sector de la construcción.

Hipótesis de Trabajo

1. Los procesos que se utilizan en el tratamiento de las aguas residuales domésticas no se pueden utilizar para las aguas residuales provenientes de la construcción del sector inmobiliario.

2. Un sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes de la construcción del sector inmobiliario basado en operaciones fisicoquímicas permite alcanzar los estándares de calidad exigidos por la normativa ambiental

Capítulo 1 Marco teórico

1.1 Impacto ambiental del sector de la construcción

El sector de la construcción aporta a una ciudad generación de empleo, crecimiento, equipamiento como hospitales, vías, recreación y vivienda entre muchos otros; los cuales son indispensables para el desarrollo económico de cualquier área urbana.

A pesar de su importancia para el crecimiento, la práctica constructiva es, además, uno de los principales actores en el proceso de modificación del planeta y de contaminación, pues es un gran consumidor de recursos y generador de desechos. El 40% de las materias primas en el mundo, que equivalen a 3000 millones de toneladas por año, son destinadas para la construcción. Esto mismo sucede con 17% del agua potable. (WorldGBC, 2008).

El sector constructor es también el responsable de más de un tercio del consumo de energía en el mundo, en su mayoría durante el tiempo de habitación y uso del inmueble. Un 20% de la energía es consumida durante el proceso de construcción, elaboración de materiales y demolición de las obras de construcción (UNEP- SBCI, 2006).

Las tres componentes básicas para el cálculo de la Huella de agua son:

Huella Hídrica Verde: Volumen de agua lluvia que no se convierte en escorrentía, por lo que se almacena en los estratos permeables superficiales y así satisface la demanda de la vegetación. Esta agua subterránea poco profunda es la que permite la

existencia de la vegetación natural y vuelve a la atmósfera por procesos de evapotranspiración.

Huella Hídrica Azul: Volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea, consumido para producción de bienes y servicios, cubriendo una demanda de agua no satisfecha a causa de un déficit en la disponibilidad de agua procedente de la lluvia.

Huella Hídrica Gris: Volumen de agua necesaria para que el cuerpo receptor reciba el vertido contaminante asociado a la cadena de producción y/o suministro sin que la calidad del agua supere los límites permitidos por la legislación vigente. Se calcula como el volumen de agua adicional teórica necesaria en el cuerpo receptor, por lo que no se refiere a generar un nuevo consumo, sino a reducir el volumen de contaminante.

En Colombia los nuevos modelos de construcción y planeación deben dar solución al déficit habitacional que tiene el país, que se calcula en 3'828.055 unidades habitacionales (DANE, 2009). Así, la construcción de viviendas de interés social en el país debe procurar la edificación de casas dignas que cumplan con ser económicas, presentar un buen desempeño ambiental y posibilitar a sus habitantes el acceso a los servicios públicos, de educación, salud, entre otros, mejorando las condiciones de pobreza en la que se encuentran más del 46% de los colombianos (DANE, 2009).

El sector de la construcción es aquel que más potencial tiene para reducir sus impactos negativos al ambiente (IPCC, 2007), ya que pequeños cambios, que no incurren en grandes aumentos en los costos de producción, serían suficientes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de residuos sólidos. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, en 2004, estimó que sólo con el uso de tecnologías eficientes y comerciales, que para ese año existían en el mercado, el consumo de energía tanto en edificios nuevos como en viejos, se podría reducir en un 30-50%, sin incurrir en grandes gastos que afectaran la viabilidad de la inversión.

El poner en marcha prácticas propias de la construcción sostenible puede generar una reducción del 35% en las emisiones de CO₂, un ahorro en el consumo de agua y energía del 30 al 50%, y una disminución de los costos por disposición de residuos sólidos de hasta el 90% (WorldGBC, 2008). Desde el punto de vista de la rentabilidad,

los beneficios de la aplicación de prácticas sostenibles en la construcción acarrea una reducción de hasta el 9% en los costos de operación, un incremento de más del 6% del retorno de la inversión y del valor del inmueble, y un aumento de alrededor del 3% en el precio de renta y en la tasa de ocupación, debido a la preferencia del mercado actual por productos amigables con el medio ambiente (WorldGBC, 2008). De la misma manera, los beneficios de un diseño bioclimático adecuado a las necesidades de cada edificación, en vista de su finalidad y uso, propicia diferentes beneficios en términos de incrementos en la productividad, en la producción y en satisfacción del cliente. Estas ventajas, propiciadas por simples cambios en la mentalidad y la manera de concebir las edificaciones, Han atraído a constructores hacia la tendencia sostenible, comenzando a crear un mercado en torno a ésta.

En relación a las herramientas de diseño en pro de la sostenibilidad, es propio mencionar la arquitectura bioclimática. Ésta —integra las consideraciones de eficiencia en el uso y la energía, produce edificios sanos, utiliza materiales ecológicos y considera la sensibilidad estética que inspire, afirme y emocione. Es la que diseña para conseguir las condiciones para el bienestar humano en el interior, aumentando notablemente la calidad de vida (International Union of Architects, IUA y American Institute of Architects, AIA). Acorde con lo anterior, el diseño bajo consideraciones bioclimáticas es una herramienta fundamental en el propósito de concebir proyectos que propugnen por el uso eficiente de los recursos, aprovechando las consideraciones del entorno con la finalidad de disminuir el consumo energético. Para ello, deben tenerse en cuenta aspectos como el emplazamiento, ya que la ubicación determina las condiciones climáticas a las que la vivienda tiene que adaptarse, de manera que se propicie un aprovechamiento máximo de la energía solar y de la ventilación natural con la finalidad de que sirvan como herramienta de regulación interior y de confort. Se puede encontrar casos, dignos de mención, de diseños concebidos bajo parámetros bioclimáticos. En el ámbito internacional, se destacan proyectos como el Handmade School en Bangladesh, el Edificio HSBC en México, el edificio jardín ACROS en Japón, Viviendas R4HOUSE. En Colombia, proyectos como el Orquideorama y la adecuación de la Biblioteca Pública Piloto en Medellín, la urbanización La Aldea en La Estrella, la ciudadela ecológica Nashira en el Valle del Cauca, el Colegio San José y el proyecto de recuperación del centro histórico de Barranquilla y el Pueblito Acuarela en Santander son exponentes de la aplicación de conceptos bioclimáticos. (UNAL, 2012, pp. 105-118).

Este tipo de diseños, al aumentar la eficiencia en el uso de los recursos, ayuda a menguar los altos índices de consumo energético y de explotación de los recursos naturales, avanzando bajo la premisa que los recursos no son ilimitados. Frente a esto, es fundamental mencionar que la industria de la construcción es un sector que consume, casi exclusivamente, un tipo de materiales que pertenecen a la categoría de recursos no renovables: los materiales pétreos. La extracción masiva de estos materiales, así como los procesos de fabricación en que éstos intervienen, acarrea un deterioro del medio ambiente, ya que la extracción va ligada a una modificación del entorno y los procesos de fabricación demandan grandes cantidades de energía y generan gases efecto invernadero. (UNAL, 2012, pp. 105-118).

Con la creciente demanda de energía, materiales y agua, la industria de la construcción ha llegado a convertirse en la actividad con el impacto más significativo sobre la economía de los países y del medio ambiente (Soares; Souza, 2006). En general, es la industria que produce los materiales que forman los bienes de mayores dimensiones físicas del planeta.

Consecuentemente, el volumen de recursos que consume es muy elevado. Cabe decir que, por todo esto, es un sector que genera grandes cantidades de residuos en todas sus etapas de vida, y que es uno de los principales contaminantes atmosféricos (Cardoso, 2002).

Según Blumenschein (2004), el impacto en el medio ambiente que procede de la cadena productiva de la industria de la construcción se da a lo largo de todas sus etapas y actividades: en la ocupación de las tierras; la extracción de materias primas; en su proceso de producción de elementos y componentes; en el transporte; en el proceso constructivo y en el producto final, hasta su demolición y deshecho. (Blumenschein 2004).

CICLO DE VIDA DE LA EDIFICACIÓN

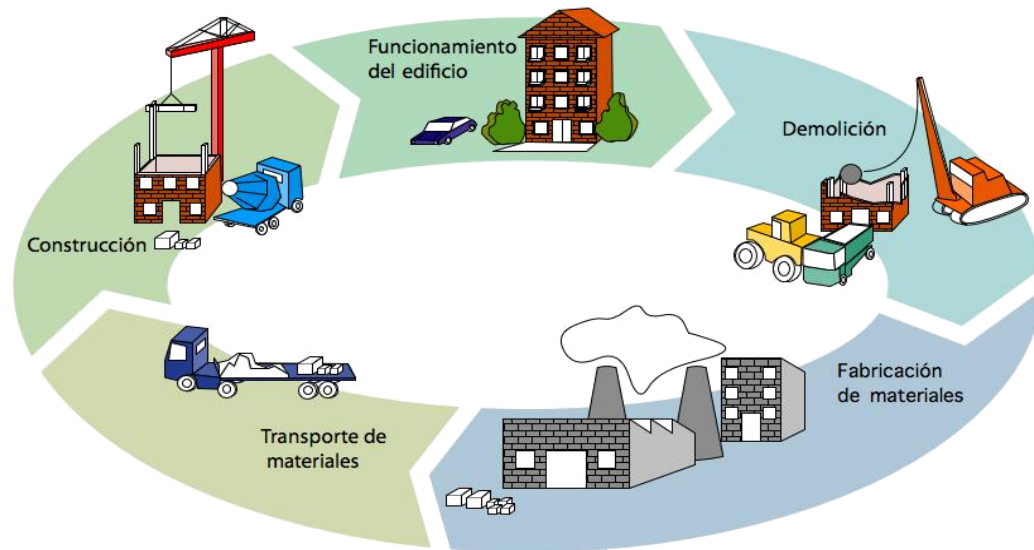


Figura 1: El ciclo de vida de un inmueble incluye desde la fabricación de los Materiales para la construcción hasta su demolición.

Fuente: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/oikos-historico/numeros-antteriores/53-edificios-verdes?showall=1&limitstart>

Si se suman todas sus etapas, la construcción es el sector con mayor Huella Ecológica de nuestro planeta. Conforme a los datos de las Naciones Unidas, la construcción contribuye hasta en un 30% en las emisiones anuales de gases de efecto invernadero, consume hasta un 40% de la energía, extrae un tercio de los materiales del medio natural, genera el 40% de los residuos sólidos urbanos, consume un 12% del agua potable y ocupa el 12% del territorio del planeta. Además, económicamente es responsable del 10% del PIB mundial. (Benite, 2011).

1.2 Contribución del sector en la contaminación y en la demanda del recurso Hídrico

El impacto de un proyecto constructivo depende de sus características propias, del entorno donde se desarrolla, de las condiciones climáticas durante la obra, del tipo de tecnología empleada para la construcción, etc. El diseño del plan de acción socio-ambiental, requiere partir de la identificación de los impactos previstos y de su ponderación. La asertividad en este proceso es la clave para optimizar las labores de gestión. (Área metropolitana del Valle de aburra, 2009).

Tabla 1

Algunos impactos típicos causados por la ejecución de una obra civil

Algunos Impactos típicos causados por la ejecución de una obra civil		
RECURSO	IMPACTO	CONSECUENCIA
Suelo	Pérdida o alteración de las características físicas y químicas del suelo	generación de procesos erosivos y de inestabilidad
Fuentes de agua	vertimiento de sustancias inertes, tóxicas o biodegradables	Contaminación de las fuentes de agua
Fuentes de agua	Alteraciones sobre la dinámica fluvial por aporte de sedimentos	Alteraciones del equilibrio hidráulico y Estabilidad geomorfológica de laderas.
Aire	Aumento en los niveles de ruido y emisiones atmosféricas (material particulado, gases y olores)	Repercuten sobre la salud de la Población, la fauna y la flora.
Paisaje	Generación de escombros y otros residuos sólidos	Modificaciones en el paisaje y alteraciones en la cobertura vegetal

Fuente: Área metropolitana del Valle de Aburra, 2009.

1.2.1 Impactos al agua

Los vertimientos en las obras de construcción suelen estar provocados por las tareas de limpieza y por los vertidos de productos peligrosos en sanitarios, desagües o en el suelo.

El agua residual de la red de saneamiento de las ciudades va a parar a las depuradoras, y de ellas al mar, o incluso al riego de cultivos cuyos frutos posteriormente consumiremos directamente, o indirectamente a través de la ingestión de lácteos, pescados y carne de animales que se alimentan de ellos o que nadan en aguas cada vez más contaminadas. (Construmática, 2012).

Cuantas más impurezas transporte el agua, más difícil resultará realizar las tareas de depuración y, por consiguiente, mantener el equilibrio del planeta. (Construmática, 2012).

El riesgo en la gestión integral del recurso hídrico está relacionado con el manejo y gestión del déficit y del exceso de agua, asociado a la gestión de las cuencas hidrográficas deterioradas, a la pertinencia de los proyectos hidráulicos con el conocimiento de la variabilidad climática e hidrológica del país, al crecimiento no planificado de la demanda sobre una oferta neta limitada, a conflictos por el uso del agua y, a las deficientes e inadecuadas acciones para la gestión del riesgo por eventos socio-naturales que aumentan la vulnerabilidad del recurso. (República de Colombia, 2010).

El déficit de agua genera problemas de disponibilidad, desabastecimiento y racionamiento de agua con sus consecuentes efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población y sus actividades económicas. Aunque el mayor uso de agua es para la actividad agropecuaria, los aspectos más críticos de disponibilidad tienen relación con el abastecimiento de agua potable para la población, para los procesos industriales y para la generación de energía eléctrica. (República de Colombia, 2010)

El exceso de agua genera inundaciones, avenidas torrenciales y/o deslizamientos que afectan la oferta hídrica al contaminar con sedimentos las fuentes de agua y pueden destruir los sistemas de abastecimiento y distribución; así mismo, genera, impactos directos a la disponibilidad, continuidad y calidad del agua a suministrar, además de los costos económicos que implican las pérdidas de agua, las obras de recuperación, rehabilitación y reconstrucción de los sistemas. (República de Colombia, 2010).

1.2.2 Impactos al Suelo

El suelo es un recurso no renovable a corto y medio plazo que se caracteriza por una gran vulnerabilidad.

La disposición de sustancias contaminantes al suelo (vertidos de combustibles, aguas de limpieza y productos peligrosos, etc.) puede desestabilizar su orden natural como consecuencia de la disminución o aniquilación de la capacidad de regeneración de vegetación, y como consecuencia de la filtración de las sustancias contaminantes hasta las aguas freáticas que alimentan nuestros depósitos de agua potable o redes de riego (Construmática, 2012).

1.3 Materias primas utilizadas en el sector y su composición

1.3.1 Materiales de construcción

Metodologías enfocadas al mejoramiento de las características ambientales de los materiales han sido desarrolladas en los últimos años alrededor del mundo. Una de ellas, el Análisis del Ciclo de Vida de un material (ACV), se basa en la definición y delimitación del sistema, la cuantificación de la entrada y salida de materia y energía, que generan impacto en el medio ambiente y la evaluación de dichos impactos. Asimismo, realiza la interpretación donde se hacen las conclusiones y las recomendaciones acerca de las fases del producto donde el impacto ambiental es más crítico y, por tanto, que puntos del sistema son susceptibles a mejorarse (Romero, 2003).

Es así como para lograr que un material sea realmente sostenible, se debe tener en cuenta cada uno de los procesos por los que pasa, desde la extracción de la materia prima, el transporte requerido en cada etapa, los procesos de transformación de la materia, la forma de uso del material, su disposición luego de acabar su vida útil, su capacidad de ser reciclado o reutilizado, entre otros. (Construmática, 2012).

Actualmente se están empleando residuos y subproductos industriales como materia prima alternativa en los procesos de fabricación, con la finalidad de obtener materiales más amigables con el ambiente, ayudando a la vez a la valorización y eliminación de los desechos (Zaragoza, 2008). Asimismo, se ha retomado la implementación de materiales antiguos y del entorno, como la tierra, las fibras naturales y la guadua, siendo estos procesados, en muchos casos, con otros materiales que contribuyen a mejorar sus propiedades mecánicas y a la estandarización de sus procesos de fabricación del producto final, mejorando así la oferta de materiales de construcción, desde el punto de vista ambiental (UNAL, 2012, pp. 105-118).

1.3.1.1 Cemento

El cemento es el ingrediente principal del concreto y la sustancia que le da su propiedad adhesiva. Es un polvo fino gris resultado de un proceso de transformación de calizas y arcillas sometidas a altas temperaturas. El tipo más usado es el cemento Portland, llamado así por su semejanza con una piedra de la isla de Portland (Argos, 2012). (Ver Anexo 1).

1.3.1.2 Arena

El agregado fino o arena se usa como llenante, además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto. Una falta de arena se refleja en la aspereza de la mezcla y un exceso de arena demanda mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado, ya que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua cemento. (Cemex, [s.f.]) (Ver Anexo 2).

1.3.1.3 Gravilla

El agregado grueso está formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo es de 4,8 mm. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado. (Ver Anexo 2).

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada debe ser generalmente cúbica y estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños. (Ver Anexo 2).

1.3.1.4 Lubricantes

Al momento del vaciado de concreto entran en contacto con este y sus vertimientos elementos desmoldantes que evitan que el concreto se pegue a la formaleta como: grasa, aceite usado o ACPM. Estos tienen unos efectos contaminantes y afectan la salud. (Ver Anexos 3 y 4).

1.4 Sistemas constructivos

1.4.1 Sistema constructivo industrializado o muros vaciados

Los sistemas de encofrado son fundamentales para la construcción de vivienda. Son uno de los principales factores para el rendimiento constructivo del proyecto e influyen directamente en la apariencia y calidad de la superficie. Las principales funciones de la formaleta son dar al concreto la forma proyectada en el diseño, proveer estabilidad cuando el concreto se encuentra en estado fresco y asegurar la protección y la correcta colocación tanto del acero de refuerzo como de las instalaciones y sus accesorios; proteger al concreto en su edad temprana de golpes que puedan ocasionar problemas de resistencia, de la influencia de temperaturas externas y de la pérdida de agua, conservando la pasta. (360 grados en concreto, 2013).

Las formaletas para sistemas industrializados pueden ser de diversos materiales: acero, aluminio, madera e incluso plástico. Dependiendo de esto podrán utilizarse hasta en 1.500 ciclos con un adecuado almacenamiento y mantenimiento, así como la técnica utilizada para el desencofrado. Esto genera competitividad en costos, y lo convierte un sistema eficiente y de alto rendimiento en las construcciones. Se fabrican mediante procesos y equipos industriales con altos estándares de calidad. (360 grados en concreto, 2013).

Existen dos sistemas de formaleta para la construcción con sistemas industrializados: mano portable y túnel. En ambos sistemas, los paneles unidos forman una estructura temporal auto portante, capaz de soportar presiones sin deformarse demasiado. (360 grados en concreto, 2013).

1.4.2 Sistema mano portable

Están concebidos y diseñados para incrementar la producción en la construcción de vivienda en serie. Sus principales características son:

Están conformados por paneles de diferentes materiales. Son marcos de acero con bastidores de madera, acero, aluminio y ahora los de base de plástico, que unidos entre sí encofran la totalidad de cualquier proyecto, formando un molde que reproduce cualquier tipo de vivienda en cada vaciado que se realice.

El tamaño de sus piezas permite manejarlos de forma manual, sin ayuda de grúa, permitiendo ahorros en la inversión de equipos de producción.

Pueden operar en cualquier topografía, sin importar curvas o desniveles.

Pueden producir el 100% de una vivienda cada 24 horas, con un grupo reducido de operarios que se capacitan rápidamente durante las primeras semanas de construcción.



Figura 2. Sistema mano portable para la construcción de viviendas unifamiliares de concreto.

Fuente: Asocreto, 2014.



Figura 3. Sistema manportable para la construcción de viviendas multifamiliares de concreto.

Fuente: Archivo Asocreto – Cortesía Forsa. <http://www.asocreto.org.co/Sitio2/#>

1.4.3 Sistema túnel

El sistema se basa en la utilización de formaletas de grandes dimensiones para realizar la fundida monolítica de muros y placas en concreto de una unidad estructural por ciclo diario de producción. La unidad estructural y el ciclo diario a utilizar se determinan según los diseños arquitectónico y estructural, además de otros factores como las juntas constructivas, número de unidades por piso y elementos estructurales contiguos. (360 grados en concreto, 2013).

La formaleta se fabrica en acero y elementos rigidizadores, que unidos conformarán el diseño final de fundida de los elementos a construir. Por sus dimensiones y peso, el sistema requiere el uso de elementos adicionales para su manipulación, entre los que se encuentran torre grúas y grúas móviles. (360 grados en concreto, 2013).

Dado que el sistema se ensambla previamente, no requiere que la mano de obra sea de alta calificación, lo que representa una disminución importante en horas/hombre, y por ende, en el presupuesto final de la obra. Sus aplicaciones principales son en proyectos que tengan un número importante de repeticiones de la unidad básica estructural, por ejemplo viviendas, hoteles y cárceles, entre otros. (360 grados en concreto, 2013).



Figura 4. Sistema túnel para la construcción de estructuras de concreto.

Fuente: Archivo Asocreto. <http://www.asocreto.org.co/Sitio2/#>

1.5 Elementos comunes de los sistemas

El proceso constructivo con estos sistemas sustituye al sistema tradicional lineal, que se realiza, generalmente, en tres etapas: cimentación, muros y losas. Estos son procesos sucesivos, que bajo el sistema industrializado se desarrolla en dos etapas: cimentación y vaciado monolítico de muros y losas, en el cual se incluyen instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, lo cual disminuye costos por reprocesos. (360 grados en concreto, 2013).

Algunos elementos comunes en este tipo de sistemas son:

Dovelas: sea cual sea el sistema a utilizar, en la obra se deben instalar los arranques respectivos del refuerzo de muros, denominados dovelas, y deben colocarse para que queden conectados directamente al refuerzo de la cimentación y se efectúe la adecuada transferencia de cargas al terreno. (360 grados en concreto, 2013).

Losa de transición: en estructuras verticales, en algunos casos se ha implementado porque permite la combinación del sistema aporricado tradicional para los sótanos, los cuales sirven para el parqueo de vehículos, y el sistema monolítico de concreto a partir del primer piso. En la estructura deben existir muros que garanticen la continuidad estructural desde la cimentación hasta el último nivel del edificio. (360 grados en concreto, 2013).

Muros y placas típicos: una vez se tiene la losa de cimentación de la estructura con sus respectivas dovelas, se procede a instalar las mallas de acero de los muros y las varillas de acero según el cálculo estructural. Para su instalación deben tenerse en cuenta varias recomendaciones como la ubicación (uso de corbatas de acero o distanciadores plásticos y tornillos de rosca rápida). (360 grados en concreto, 2013).

A la formaleta debe aplicársele el desmoldante adecuado, que puede ser a base de agua y a base de aceite o polímeros. En la superficie del concreto terminado siempre quedarán residuos del desmoldante, por lo cual se recomienda lavarla antes de aplicar el acabado final. Cuando se utilizan desmoldantes a base de agua, el lavado debe hacerse con hipoclorito rebajado con agua. Cuando se usan desmoldantes a base de aceite, el lavado se realiza con agua y jabón. (360 grados en concreto, 2013).

Instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias: Se pueden realizar de dos formas: 1. Las instalaciones secundarias de cada vivienda quedan embebidas en los muros y en la losa de concreto. 2. Las bajantes o instalaciones primarias del edificio se realizan a través de buitrones o espacios dejados en la losa. Posteriormente estas zonas se recubren con muros de segunda etapa, construidos en mampostería. (360 grados en concreto, 2013).

Los tubos deben quedar con el recubrimiento adecuado (mínimo 3 cm), y las cajas eléctricas deben asegurarse a la malla o acero de refuerzo o a la formaleta y deberán cubrirse para impedir el ingreso de concreto durante el vaciado. (360 grados en concreto, 2013).



Figura 5. Colocación de acero de refuerzo e instalaciones domiciliarias en sistemas industrializados de construcción.

Fuente: Archivo Asocreto. <http://www.asocreto.org.co/Sitio2/#>

Vaciado del concreto: el concreto que se utiliza en estos sistemas debe seguir las especificaciones de las normas de sismorresistencia. En los sistemas industrializados el éxito de las formaletas y de su utilización está en la forma en que se lleve a cabo el vaciado del concreto, el cual debe seguir un plano instructivo determinado antes de iniciar el procedimiento, que debe ser concertado entre los ingenieros de obra, el proveedor de concreto y el técnico de la formaleta.

Según el tipo de concreto que se utilice, deberá realizarse el proceso de vibrado (con vibrador de aguja para mezclas convencionales o vibrado externo con mazo de caucho para mezclas autocompactantes). Finalmente el concreto deberá curarse, el método más empleado para las losas es colocar un cordón de arena por todos los bordes e inundarla con agua.

También existen productos químicos que generan una capa impermeable y no dejan escapar el agua requerida para la correcta hidratación del cemento. (360 grados en concreto, 2013).

Desencofrado: se realiza cuando el concreto haya adquirido entre el 15 y el 20% de la resistencia a los 28 días. En un concreto de tipo industrializado esta resistencia se obtiene entre 8 y 10 horas después de colocado.

En la actualidad, la calorimetría permite comprobar la resistencia mínima para el desencofre. Con unos sensores se miden los cambios de temperatura del concreto y se establece el momento en el cual ha adquirido el 15% o 20% de la resistencia última (28 días). (360 grados en concreto, 2013).

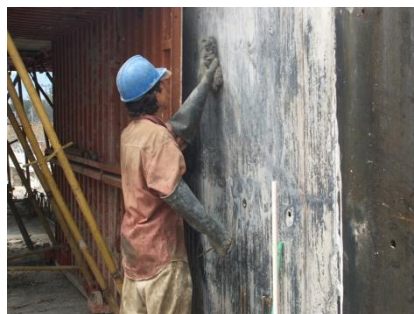


Figura 6. Limpieza de muros de concreto una vez retirada la formaleta.

Fuente: Archivo Asocreto. <http://www.asocreto.org.co/Sitio2/#>

1.6 Tipología de proyectos constructivos

El Decreto 1220 de 2005 (Alcaldía de Bogotá, 2005), define qué tipo de proyectos productivos o de infraestructura requieren licencia ambiental. En caso de requerirla, la gestión socio-ambiental del proyecto se construye a partir de un plan de manejo sustentado en el estudio de impacto ambiental. Cuando el proyecto requiera licencia, el presente manual será solo una herramienta para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental exigido. Tratándose de proyectos que no requieran licencia, el manual será el instructivo de apoyo a la formulación del plan de acción socio-ambiental.

A pesar de la exención de la obtención de licencia ambiental, todos los proyectos deberán cumplir la normatividad ambiental vigente.

La clasificación de proyectos que no requieran licencia ambiental, según su impacto previsto, determina diferencias en las necesidades de gestión, control y seguimiento. (Área Metropolitana del valle de Aburra, 2009)

La siguiente clasificación asocia el tipo de obra y la magnitud de sus impactos. Debe tenerse en cuenta que los impactos dependen, además, de la oferta ambiental del entorno en el que se desarrolla la obra, de la tecnología utilizada en el proceso constructivo.

1.7 PROYECTOS SEGUN LOS TIPOS

1.7.1 Proyectos Tipo I

Son proyectos que se consideran de alto impacto ambiental por causar deterioro o alteración a los recursos naturales, al ambiente o al paisaje. Algunos de estos proyectos podrán requerir licencia ambiental según las normas vigentes. (Área Metropolitana del valle de Aburra, 2009)

Se consideran proyectos tipo I, entre otros:

Construcción y ampliación de vías como viaductos, autopistas urbanas y vías arterias principales.

Construcción de elementos del sistema integrado de transporte masivo.

Construcción de obras y equipamiento de alcance metropolitano.

Construcción de intercambios viales a nivel o desnivel.

Canalizaciones con longitudes mayores a 400 metros.

Construcción de terminales de buses.

Construcción de obras como complejos habitacionales de más de 300 unidades, parques de bodegas, centros industriales, comerciales o de servicios, con un

Área construida total superior a 2000 m² y/o que impliquen la tala de más de 50 árboles mayores de 1 metro a la altura del pecho y/o un movimiento de tierra de más de 50000 m³.

Cualquier construcción que genere inestabilidad de laderas o incremente riesgos de avenidas torrenciales.

Cualquier construcción cuya ejecución se extienda en el tiempo por más de 6 meses.

1.7.2 Proyectos tipo II

Proyectos de impacto moderado cuya afectación no trasciende el área de influencia directa. (Área Metropolitana del Valle de Aburra, 2009)

Se consideran proyectos Tipo II, entre otros:

- Adecuación y mantenimiento de elementos del sistema integrado de transporte masivo.
- Construcción de puentes peatonales, plazas, plazoletas, parques, senderos lineales, senderos ecológicos, vías peatonales y zonas de esparcimiento, recreación y de
- uso comunitario.
- Construcción de escenarios deportivos, placas polideportivas y canchas de alcance zonal.
- Construcción de ciclo rutas y alamedas.
- Construcción, restauración o mantenimiento de edificios públicos cuya destinación es diferente a vivienda de interés social.
- Construcción de vías arterias menores y vías colectoras, mantenimiento de autopistas urbanas y vías arterias principales; construcción o mantenimiento de andenes, cordones y separadores viales; mantenimiento de puentes vehiculares e intercambio de vías a nivel o desnivel.
- Construcción de estructuras de contención y estabilización de taludes en zonas inestables y orillas de quebradas.
- Construcción o mantenimiento de box culvert, acueductos, alcantarillados y demás obras de drenaje de aguas corrientes o de aguas lluvias y de escorrentía.
- Cualquier obra lineal que implique rotura de pavimentos.
- Construcción de obras como complejos habitacionales, parques de bodegas, centros industriales, comerciales o de servicios, con un área construida entre 300 y 2000 m², donde no se talen más de 50 árboles ni se hagan movimientos de tierra de más de 50000 m³. (Área Metropolitana del Valle de Aburra, 2009)

1.7.3 Proyectos Tipo III

Por su bajo impacto sólo deben adoptar los requerimientos mínimos de buenas prácticas de manejo ambiental y social. (Área Metropolitana del valle de Aburra, 2009)

Se consideran proyectos Tipo III, entre otros:

- Poda y corte de árboles, así como el mantenimiento de zonas verdes públicas.
- Cerramientos de escenarios deportivos, culturales y edificaciones.
- Construcción de gradas en escenarios deportivos y culturales, en parques.
- Instalación de señalización.
- Parcheos o mantenimientos puntuales de vías.
- Mantenimiento de áreas de espacio público e instalación y mantenimiento del mobiliario urbano como semáforos, paraderos de buses, sillas, bancas, canecas, rampas de acceso para minusválidos, etc.
- Construcción e instalación de barandas y barandillas en puentes, senderos, vías peatonales, vías vehiculares, etc.
- Construcción de viviendas individuales o cualquier otro tipo de edificio con un área construida menor de 300m².
- Reformas o adiciones a edificaciones con un área intervenida inferior a 300m².
(Área metropolitana del valle de aburra, 2009)

1.8 Prevención de la contaminación de cuerpos de agua y redes de servicios públicos

El agua resultante de las obras de construcción tiene un alto contenido de partículas minerales suspendidas, y en ocasiones, puede estar mezclada con restos de cemento, concreto u otras sustancias, lo que aumenta de forma importante su alcalinidad. Estos materiales provocan taponamientos en los conductos en alcantarillas, generan contaminación en los cuerpos de agua que actúan como sus receptores o, en caso de llegar a las redes de aguas residuales, causan problemas en las plantas de tratamiento. (Área metropolitana del valle de aburra, 2009)

En las obras de construcción, el agua debe manejarse considerando los siguientes criterios de manejo:

- Reducir el consumo
- Prevenir la contaminación.
- Recolectar separadamente aguas grises, aguas residuales, aguas de escorrentía.
- Recircular aguas grises.
- Tratar las aguas grises antes de su descarga para retirar grasas y/o sedimentos.
- Verter las aguas residuales domésticas a las redes de alcantarillado o tratarlas en pozos sépticos.

1.8.1 Aguas grises

Entendemos por aguas grises, todas las aguas residuales domésticas que se generan en los procesos de un hogar, tales como la limpieza de utensilios, lavadora, baño, etc. excepto aquellas que provienen del inodoro. Estas aguas tienen una carga contaminante inferior a las aguas residuales y, por esta razón, su tratamiento es más simple.

La depuración de las aguas grises es de gran importancia ya que pueden ser regeneradas para reutilizarse como agua de riego de jardines o en cisternas de WC. De este modo ayudamos a mejorar el medio ambiente, al mismo tiempo que ahorramos. (Asepma, 2015)

1.8.2 Aguas de escorrentía

Aguas de escorrentía son las aguas que caen y corren sobre los techos de los edificios, en calles, aceras y en cualquier otra superficie impermeable durante un evento de lluvia. Estas aguas en lugar de introducirse en el suelo, corren sobre las superficies y llegan a los drenajes pluviales. En el Recinto estos drenajes descargan en los terrenos y cuerpos de agua cercanos sin ningún tratamiento. (Universidad de Puerto Rico, 2015)

Otros problemas son más frecuentes cuando se construyen obras que requieran la intervención directa de cuerpos de agua naturales. En este caso se debe tener precauciones aún más estrictas. Las aguas residuales irían directamente a los cuerpos de agua de no ser tratadas o controladas con precaución y de ser así los cuerpos de agua seguirán su cauce contaminado aguas abajo mayor cantidad de agua a su paso. Así que debe haber sistemas de alcantarillado provisionales cerca a los cuerpos de agua que encausen o conduzcan las aguas residuales llevándolas a sitios controlados para su tratamiento y posterior vertimiento.

Capítulo VI Trata del vertimiento de los residuos líquidos. Artículo 66 Las normas de vertimiento serán fijadas teniendo en cuenta los criterios de calidad establecidos para uso o los usos asignados al recurso Artículo 72 Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos con las siguientes normas condensadas en la Tabla 2.

Tabla 2

Normas de vertimientos a un cuerpo de agua (República de Colombia, Ministerio de Salud, 1984)

Referencia	Usuario Existente	Usuario Nuevo
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	Menor a o igual 40°C	Menor o igual 40°C
Material Flotante	Ausente	Ausente
Grasas y Aceites	Remoción mayor o igual 80% en carga	Remoción mayor o igual 80% en carga
Sólidos Suspendidos, domésticos o industriales	Remoción mayor o igual 50% en carga	Remoción mayor o igual 80% en carga
Demanda Bioquímica de oxígeno para desechos domésticos	Remoción mayor o igual 30% en carga	Remoción mayor o igual 80% en carga
DBO) Para desechos industriales	Remoción mayor o igual 20% en carga	Remoción mayor o igual 80% en carga

Fuente: República de Colombia, Ministerio de Salud, 1984.

Se entiende por usuario existente, aquel que ya tenía su proceso establecido antes de emitirse la Norma (1984) y por usuario nuevo, el que establezca su proceso productivo después de 1984.

1.8.4 Algunas Recomendaciones o medidas conocidas en el sector de la construcción para mitigar los impactos ambientales pueden ser: (Área metropolitana del Valle de Aburra, 2009)

- Aplique las medidas descritas en el programa manejo de materiales de construcción para que garantice que no haya arrastre de cemento, limos o arcillas a la red de alcantarillado y cursos de agua.
- Instale barreras que impidan el arrastre de materiales de construcción y sobrantes, por escorrentía.
- No haga vertimientos de residuos líquidos a las calles o calzadas. En caso de requerir vertimientos a fuentes de agua, solicite el respectivo permiso ante la autoridad ambiental.
- No utilice el agua como elemento para eliminar materiales sobrantes sobre las vías o superficies; de esta manera aumentará el aporte de sedimentos a las redes de evacuación de aguas lluvias.



Figura 8. Actividades de limpieza Fuente: archivo personal

- Recoja y conduzca las aguas lluvias a través de canales, cunetas o barreras. Impida el arrastre de materiales a cuerpos de agua o sumideros de la red de alcantarillado pluvial. Instale trampas de sedimentos en estos canales.
- Antes de iniciar el desarrollo de las actividades, identifique si existen sumideros (rejillas de alcantarillado de aguas lluvias) que puedan verse afectados por el arrastre de materiales. De ser así, protéjalos con bandejas o canastillas perforadas recubiertas con una membrana protectora, para que se retenga el material o suelo de diferente granulometría. Retire permanentemente el material retenido por el material protector y la bandeja. Revise periódicamente el estado interno de los sumideros.
- Actividades como la adecuación de accesos, excavaciones, llenos y reconfiguración de taludes, entre otros, facilitan el aporte de sedimentos por escorrentía. Controle este fenómeno a través de la reconfiguración y/o revegetalización inmediata del suelo e implementando obras de estabilización apropiadas.
- Las labores de mantenimiento, reparación, limpieza y lavado de vehículos, maquinaria, equipos y herramientas deben efectuarse en instalaciones que cuenten con la desarenadores y trampas de grasas. En ningún caso podrá realizarse el vertimiento de estas aguas sin tratamiento previo.
- Los derrames o fugas de insumos y materiales peligrosos, dentro o fuera de los sitios de almacenamiento, deben recolectarse, almacenarse y ser enviados a tratamiento con una empresa especializada que cuente con las autorizaciones del caso, con el fin de evitar la contaminación del suelo.
- Coloque tablonés en los pozos de inspección, para que evite el aporte de sedimentos a las redes, teniendo precaución de retirarlos una vez finalizadas las obras.
- Adecue un sitio especial para el almacenamiento de materiales, lo más alejado posible del cuerpo de agua. Este sitio debe contar con cerramiento para evitar la acción erosiva del viento y/o del agua.
- Limpie las vías de acceso de los vehículos de carga al menos dos veces al día, o cuando se requiera, de manera que garantice que no haya aportes de material particulado a las redes de alcantarillado.
- Trámite ante la empresa prestadora del servicio de alcantarillado, el permiso para conectarse a la red.

- Garantice la separación de las redes de aguas lluvias y residuales. Servicio de saneamiento básico en la obra: (Área metropolitana del Valle de Aburra, 2009)
- Cuando no sea posible conectarse a la red de alcantarillado, instale un pozo séptico provisional para el manejo de estos desechos.
- Recuerde que el funcionamiento adecuado de éste requiere la construcción de una trampa de grasas. Tramite el respectivo permiso de vertimientos ante la autoridad ambiental.
- En caso de emplear baños móviles o unidades sanitarias portátiles, se debe garantizar que sus excretas sean dispuestas finalmente en un sistema de tratamiento de aguas residuales; nunca deben ser dispuestas en sistemas de alcantarillado de aguas lluvias.
- Una excelente alternativa de saneamiento está dada a partir de la instalación de sistemas sanitarios secos, donde la materia fecal se disponga separadamente de la orina, en total ausencia de agua, de forma que propicie un proceso de deshidratación. Esta solución aplica para obras de larga durabilidad en el tiempo, de manera que se alcance el nivel de calentamiento y deshidratación requerido de las excretas, para eliminar los agentes patógenos.
- Coloque una trampa de grasas en las zonas de cambio de combustibles y aceites para separar los hidrocarburos del agua.
- Realice el lavado de llantas de los vehículos, de equipos y herramientas, sobre piso duro (concreto o asfalto) permitiendo la recolección y conducción de las aguas hacia una estructura que haga las veces de desarenador y sedimentador, antes de disponerlas al alcantarillado de aguas lluvias o en su defecto a una corriente de agua, previo permiso de la empresa de servicios o autoridad ambiental, según corresponda.
- Coloque cárcamos, cunetas y trampas de sedimentos en el acceso provisional de construcción para permitir la decantación de sedimentos provenientes del lavado de llantas de las volquetas y demás vehículos de la obra, evite el polvo y el sedimento, así como la escorrentía en los taludes antes de conducirla al alcantarillado de aguas lluvias.
- Recircule el agua empleada para realizar cortes de ladrillos, tabletas, adoquines, etc.
- Coordine con la empresa encargada del mantenimiento de los canales de evacuación de aguas lluvias, la solución a las obstrucciones o taponamientos

de los sumideros existentes en el área del proyecto, obra o actividad, previo al inicio de los trabajos. Tales obstrucciones podrán ser identificadas desde la inspección previa a la ejecución de la obra.

- No lave en el sitio de obra los tambores de vehículos mezcladores de concreto, de transporte de sustancias peligrosas, ni los vehículos particulares de visitantes o del personal de la obra.

1.8.5 Control sobre el consumo de agua

Se debe cuantificar el consumo de agua en la obra a través de la instalación de medidores y mantener los registros respectivos.

Es preciso verificar continuamente que todas las llaves se encuentran cerradas cuando no son requeridas; así mismo revisar periódicamente los sistemas de conducción y distribución de agua en el interior de la obra y controlar la presencia de fugas y pérdidas en la red. De igual forma, las mangueras empleadas en la obra deben contar con dispositivos reguladores (pistolas). Utilice sistemas efectivos para el uso racional del agua (Ley 373 de 1997). (Área metropolitana del Valle de Aburra, 2009)

1.9 Características del agua

El agua natural es una solución de diversos compuestos que se van adhiriendo a la misma de acuerdo a los procesos del ciclo hidrológico y que le dan un carácter diferente a las aguas naturales de acuerdo a la composición de los suelos, a su ubicación y a los procesos físicos y químicos que se realizan durante su paso. El agua posee entonces unas características variables que la hacen diferentes de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar. (Londoño, 2003)

Tabla 3

Características del agua fisicoquímicas y biológicas

CARACTERISTICAS FISICAS	Turbiedad, color verdadero, color real, color aparente, olor, sabor, temperatura, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos sentimentales, conductividad
CARACTERISTICAS QUIMICAS	Aceites y grasas, acidez, agentes espumantes, alcalinidad, aluminio, amonio, antimonio, arsénico, asbesto, bario, boro, cadmio, cianuro, cinc, cloruros, cobre, dureza
CARACTERISTICAS BIOLOGICAS	algas, bacterias, protozoarios, Rotíferos, Copépodos y otros Crustáceos, Insectos, Bacterias patógenas, Virus entéricos, Entero parásitos

Fuente: Londoño 2003

Las características propias de cada fuente de agua permiten su clasificación: agua potable, agua servida, agua residual industrial, aguas negras, etc.; permiten su uso: para consumo, riego, refrigeración, producción de vapor, como disolvente etc. y permiten su comparación en cuanto a la calidad que presenten para la misma aplicación.

El agua para consumo humano es la más estudiada de acuerdo a sus características, debido al impacto que tiene sobre la salud y después de investigar las causas de epidemias mundiales que fueron causadas por aguas contaminadas, devastando grandes centros urbanos, se llegan a plantear valores máximos permisibles de diferentes características. (Londoño, 2003).

Las investigaciones de la organización mundial de la salud han servido de base para manejar las normas de agua potable en los diferentes países y continúan siendo la guía para caracterización de las aguas. Se basan principalmente en la búsqueda de dosis letales de compuestos, orgánicos, inorgánicos, tóxicos y microorganismos que causen daño a la salud humana. (Londoño, 2003).

1.10 Sistemas de tratamiento de vertimientos

1.10.1 Sistemas de tratamiento

EL RAS: establece las condiciones requeridas para la concepción y desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales. De esta manera permite orientar la planificación, diseño, construcción, supervisión técnica, operación, mantenimiento y seguimiento de estos sistemas y sus componentes. En este reglamento se establecen las disposiciones de obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional en las etapas de conceptualización, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y seguimiento de todas y cada una de las obras, de tal manera que se garantice su efectividad, seguridad, estabilidad, durabilidad, adecuabilidad y sostenibilidad y redundancia a lo largo de su vida útil. (RAS, 2000).

D.1.3 Procedimiento general de diseño de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales

D.1.3.1 PASO 1 - Definición del nivel de complejidad del sistema Debe definirse el nivel de complejidad del sistema, para cada uno de los componentes del sistema.

D.1.3.2 PASO 2 - Justificación del proyecto y definición del alcance Todo componente de un sistema evacuación o disposición de aguas residuales y/o pluviales debe justificarse con la identificación de un problema de salud pública, del medio ambiente o de bienestar social, el cual tiene solución con la ejecución del sistema propuesto, ya sea mediante la ampliación de cobertura de un servicio o mejoramiento de su calidad y eficiencia.

D.1.3.3 PASO 3 - Conocimiento del marco institucional El diseñador del sistema debe conocer las diferentes entidades relacionadas con la prestación del servicio público de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales y pluviales, estableciendo responsabilidades y las funciones de cada una. Las entidades y aspectos que deben identificarse son:

1. Entidad responsable del proyecto.
2. Diseñador.
3. Constructor.
4. Rol del municipio, ya sea como prestador del servicio o como administrador del sistema.
5. Empresa prestadora del servicio. (Oficial, mixto o privado)
6. Entidades territoriales competentes.
7. Entidades de planeación. (DNP, DSPD, Ministerio del Medio Ambiente, etc)
8. Entidad reguladora. (CRA u otra)
9. Entidad de vigilancia y control. (SSPD u otra)
10. Operador.
11. Interventor.
12. Acciones proyectadas de la comunidad en el sistema.
13. Autoridad ambiental competente. (Ministerio del Medio Ambiente, corporaciones autónomas regionales, etc.)
14. Fuentes de financiación.

D.1.3.4 PASO 4 - Acciones legales El diseñador debe conocer todas la leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización, diseño, operación, construcción, mantenimiento, supervisión técnica y operación de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales o pluviales, o cada uno de sus componentes en particular. Además, deben tomarse las medidas legales necesarias para garantizar el adecuado desarrollo del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales o pluviales, o alguno de sus componentes.

D.1.3.5 PASO 5 - Aspectos ambientales Debe presentarse el plan de manejo ambiental generado por el proyecto, en el cual se incluyan una descripción de las obras y acciones de mitigación de los efectos en el medio ambiente propios del proyecto.

D.1.3.6 PASO 6 - Ubicación dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano previstos El diseñador debe conocer los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial planteados dentro del marco de la Ley 388 de 1997 o la que la reemplace y establecer las implicaciones que el sistema tendría dentro de la dinámica del desarrollo urbano. En particular, el diseño de un sistema debe contemplar la dinámica de desarrollo urbano prevista en el corto, mediano y largo plazo de las áreas habitadas y las proyectadas en los próximos años, teniendo en cuenta la utilización del suelo, la estratificación socioeconómica, el plan vial y las zonas de conservación y protección de recursos naturales y ambientales entre otros.

D.1.3.7 PASO 6 - Estudios de factibilidad y estudios previos Todo proyecto de recolección y evacuación de aguas residuales o pluviales debe llevar a cabo los estudios factibilidad y los estudios previos.

D.1.3.8 PASO 8 - Diseño y requerimientos técnicos El diseño de cualquier componente de un sistema de evacuación y disposición de aguas residuales o pluviales debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos en el presente Título, según los literales establecidos en cada capítulo. El diseño de cualquier sistema de recolección y evacuación de aguas residuales o pluviales debe someterse a una evaluación socioeconómica y estar sujeto a un plan de construcción, operación, mantenimiento y expansión de costo mínimo. (RAS, 2000)

1.10.2 Sistemas de tratamiento en el sitio de origen

Estudios mínimos

Los sistemas de tratamiento en el sitio son aquellos que se utilizan en lugares aislados, donde no existen redes de alcantarillado o no es posible construir un sistema integrado de alcantarillado, o donde se requiere remover la cantidad de sólidos suspendidos antes de verter el agua residual al sistema de alcantarillado. (Artículo 153, RAS)

Para comunidades de más de 200 habitantes, antes de proceder a implantar un sistema de tratamiento en el sitio, deben realizarse los siguientes estudios: Inspección visual; Estudio de impacto ambiental: manejo de lodos, olores, tratamiento de patógenos; Estudio de suelos: humedad, permeabilidad, granulometría, conductividad hidráulica saturada; Topográficos: pendiente del terreno; Hidrológicos: precipitación (promedio máximo mensual), evapotranspiración y evaporación (promedio mensual); Revisión de estudios previos hechos en la zona; Vulnerabilidad sísmica e inundaciones. (RAS, título A, 2000)

1.10.2.1 Trampas de Grasa

Son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. Recibe nombres específicos según al tipo de material flotante que vaya a removerse. El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en

cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en kg. De grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto. (Artículo 154, RAS)

El tanque debe tener 0.25m² de área por cada litro por segundo, una relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:18 y una velocidad ascendente mínima de 4mm/s.

1.10.2.2 Tanques sépticos

El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios: rendimiento del proceso de tratamiento; almacenamiento de lodos y amortiguamiento de caudales pico. Los tanques pueden ser cilíndricos o prismáticos rectangulares. Los cilíndricos se utilizan cuando se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, y los prismáticos rectangulares en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad. (Artículo 155, RAS)

1.10.2.3 Campos de infiltración

Consiste en una serie de trincheras angostas y relativamente superficiales rellenas con un medio poroso (normalmente grava). Deben localizarse aguas abajo de los tanques sépticos y deben ubicarse en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual que sale de los tanques sépticos a fin de no contaminar las aguas subterráneas. Los canales de infiltración deben localizarse en un lecho de piedras limpias cuyo diámetro debe estar comprendido entre 10 y 60 mm. Debe evitarse la proximidad de árboles, para prevenir la entrada de raíces. (Artículo 156, RAS)

1.10.2.4 Filtros intermitentes

La filtración intermitente puede definirse como la aplicación intermitente de agua residual previamente sedimentada, como el efluente de un pozo séptico, en un lecho de material granular (arena, grava, etc.) que es drenado para recoger y descargar el efluente final. (Artículo 157, RAS)

1.10.2.5 Humedales artificiales de flujo sumergido

Los humedales deben localizarse aguas abajo de un tanque séptico. Para esto, debe hacerse una evaluación de las características del suelo, localización de cuerpos de agua, topografía, localización geográfica, líneas de propiedad y vegetación existente para localizar adecuadamente el humedal. El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios: Conductividad hidráulica, Granulometría, Flujo sumergido para todas las condiciones de caudales. (Artículo 158, RAS)

1.10.2.6 Filtros sumergidos aireados

Deben colocarse aguas abajo del tanque séptico que sirve como sedimentador. Para su dimensionamiento el diseñador debe seleccionar una metodología que garantice el correcto funcionamiento de la cámara de reacción con un tiempo de retención hidráulica que produzca las eficiencias de remoción esperadas. El lecho filtrante de la cámara de reacción debe ser llenado con material que permita el crecimiento de los microorganismos en su superficie y su espesor debe ser de 40 mm como mínimo. En la cámara de sedimentación debe seleccionar una metodología que garantice la acumulación de biomasa en el reactor y produzca un efluente con concentración de

Sólidos suspendidos compatibles con el nivel de tratamiento exigido por el diseño. El área superficial debe permitir el acceso para limpieza. El ángulo de inclinación del dispositivo de sedimentación no debe ser superior de 40° con relación a la horizontal y la disposición de los sedimentadores deber ser tal que permita su lavado periódico.

A.11.4.12 Tanques Imhoff. (Artículo 160) El tanque Imhoff debe utilizarse para poblaciones con nivel bajo de complejidad. Deben mantenerse las mismas distancias mínimas de los tanques sépticos. Los tanques Imhoff se dividen en tres cámaras que son: Cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y el respiradero o área de ventilación del gas El compartimento de sedimentación debe estar diseñado con una tasa de desbordamiento superficial de 25 a 40 (m³/m²/d) y un tiempo de retención de 2 a 4 horas. La cámara de digestión debe tener una capacidad de almacenamiento de lodo para 6 meses. (Artículo 159, RAS)

1.10.3 Otros Sistemas de tratamiento

Hay distintos tipos de tratamiento de las aguas residuales para lograr retirar contaminantes. Se pueden usar desde sencillos procesos físicos como la sedimentación, en la que se deja que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta complicados procesos químicos, biológicos o térmicos. Ellos se pueden clasificar según el medio de eliminación de los contaminantes, según la fase de depuración y según el costo de la explotación. (Hernández, 1994).

1.11 Los sistemas de tratamiento se pueden clasificar en:

1.11.1 Físicos:

Son aquellos en los cuales predomina la aplicación de fuerzas físicas, en la eliminación de los contaminantes.

- Desbaste (por rejillas, tamices)
- Desengrasado
- Sedimentación.
- Flotación.- Natural o provocada con aire.
- Filtración.- Con arena, carbón, cerámicas, etc.
- Evaporación.
- Adsorción.- Con carbón activo, zeolitas, etc.
- Desorción (Stripping). Se transfiere el contaminante al aire (ej. amoníaco).
- Extracción.- Con líquido disolvente que no se mezcla con el agua. (CIMAD, 2010)

Rejillas:

Las rejillas deben colocarse aguas arriba de las estaciones de bombeo o de cualquier dispositivo de tratamiento subsecuente que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae el agua residual sin tratar. Se recomienda un espaciamiento entre las barras de la rejilla de 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente, y entre 3 y 77 mm para rejillas limpiadas mecánicamente. La velocidad de aproximación a las rejillas debe estar entre 0.3 y 0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente, y entre 0.3 y 0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente. Se debe usar un rango de velocidades entre 0.3 y 0.6 m/s y entre 0.6 y 1.2 m/s para rejillas limpiadas manualmente y mecánicamente respectivamente. Para ninguno de los dos casos de limpieza manual o mecánica se permitirá una pérdida de cabeza mayor a 75 cm. (Artículo 165, Ras 2000)

Desarenadores:

Independiente de las características geométricas de los desarenadores, estos deben localizarse después de rejillas y antes de los tanques de sedimentación primaria y estaciones de bombeo. Los desarenadores deben diseñarse de manera tal que la velocidad pueda controlarse. La velocidad debe estar en un rango entre 0.2 m/s y 0.4 m/s. Se debe construir un mínimo de dos unidades en cualquiera de los niveles de complejidad. Cada unidad debe tener la capacidad para operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad está en limpieza. Se recomienda un rango entre 700 y 1600 m³/m²/día de tasa de desbordamiento superficial. Estos valores pueden ser expresados en términos de velocidad de sedimentación, variando 1 Despreciable página A.81 aproximadamente entre 30 m/h y 65 m/h. El tiempo de retención hidráulico debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse. (Artículo 166, RAS, 2000)

Sedimentadores primarios:

El tanque debe diseñarse para el caudal máximo horario esperado. Para el caso de tanques rectangulares la relación longitud: ancho debe estar entre 1.5:1 y 15:1. Para el caso de tanques circulares se recomienda un diámetro entre 3 y 60 m, una pendiente de fondo entre 6 y 17%. Debe escogerse la mayor de las áreas calculadas, de acuerdo con las siguientes tasas de desbordamiento superficial mínimas recomendadas: 1) Para caudal medio utilizar $33 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$; 2) Para caudal pico sostenido por tres horas utilizar $57 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, y 3) Para caudal pico utilizar $65 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$. El tiempo de retención debe basarse en el caudal medio de aguas negras y en el volumen del tanque. El diseñador debe escoger una Tasa de Desbordamiento Superficial según el tipo de suspensión que va a separarse y siempre y cuando se demuestre que es apropiada para lograr una eficiencia acorde con el nivel de confiabilidad de servicio en que se encuentre la planta. La profundidad depende del tipo de limpieza de lodos que se practique en la planta. Los sedimentadores primarios pueden usarse adicionalmente como sistemas de remoción de grasas, en dicho caso debe asegurarse que exista la capacidad de almacenamiento y los dispositivos mecánicos que permitan la evacuación del sobrenadante de forma segura y oportuna para evitar interferencias en los procesos posteriores y generación de malos olores por acumulación prolongada. (Artículo 167, RAS, 2000)

Tamices:

Para el diseño de estos dispositivos se recomienda los siguientes rangos de capacidad hidráulica, en $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, que aparecen a continuación: Rotativos de bandeja de 0.6 a 2.5; Rotativos cilíndricos de 0.005 a 0.04 y de Disco de 0.004 a 0.04. Debe obtenerse una remoción de sólidos suspendidos mínima de 15 a 30% para los microtamices rotativos de bandeja y rotativos cilíndricos y de 40 a 50% para los de disco. Los microtamices rotativos cilíndricos deben remover 55% de sólidos sedimentables, 37% de remoción de grasas y 95% de sólidos flotantes. (Artículo 168, RAS, 2000)

Lodos activados.

El diseñador está en libertad de seleccionar el proceso de lodos activados que considere conveniente, siempre y cuando se garantice la eficiencia operacional, la minimización de impactos por ruidos y olores, adecuado manejo de lodos y eficiencia económica. El proceso de lodos activados requiere atención cuidadosa y una operación de supervisión competente, incluido un control rutinario de laboratorio. En la tabla a continuación se resumen las características de operación típicas de los procesos de lodos activados y las eficiencias mínimas en remoción de DBO que se deben cumplir. (Artículo 160, RAS, 2000)

1.11.2 Químicos:

Son aquellos en los cuales la eliminación de los contaminantes es dada por la adición de un producto químico o por otras reacciones químicas.

- Coagulación-floculación.- Agregación de pequeñas partículas usando coagulantes y floculantes (sales de hierro, aluminio, polielectrolitos, etc.)
- Precipitación química.- Eliminación de metales pesados haciéndolos insolubles con la adición de lechada de cal, hidróxido sódico u otros que suben el pH.
- Oxidación-reducción.- Con oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, cloro, permanganato potásico o reductores como el sulfito sódico.
- Reducción electrolítica.- Provocando la deposición en el electrodo del contaminante. Se usa para recuperar elementos valiosos.
- Intercambio iónico.- Con resinas que intercambian iones. Se usa para quitar dureza al agua.
- Osmosis inversa.- Haciendo pasar al agua a través de membranas semipermeables que retienen los contaminantes disueltos.
- Biológicos: Son los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación de contaminantes es provocada por una actividad biológica.
- Lodos activos.- Se añade agua con microorganismos a las aguas residuales en condiciones aerobias (burbujeo de aire o agitación de las aguas).
-

- Filtros bacterianos.- Los microorganismos están fijos en un soporte sobre el que fluyen las aguas a depurar. Se introduce oxígeno suficiente para asegurar que el proceso es aerobio.
- Biodiscos.- Intermedio entre los dos anteriores. Grandes discos dentro de una mezcla de agua residual con microorganismos facilitan la fijación y el trabajo de los microorganismos.
- Lagunas aireadas.- Se realiza el proceso biológico en lagunas de grandes extensiones.
- Sistemas de aplicación al suelo.
- Degradación anaerobia.- Procesos con microorganismos que no necesitan oxígeno para su metabolismo.
- Según la fase de depuración (García, 1986)

Las aguas residuales se pueden someter a diferentes niveles de tratamiento, dependiendo del grado de purificación que se quiera. Es tradicional hablar de tratamiento primario, secundario, etc., aunque muchas veces la separación entre ellos no es totalmente clara. Así se pueden distinguir:

A) Tratamiento preliminar

El tratamiento preliminar está destinado a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento posterior evitando que se presenten obstrucción de tuberías, presencia de sólidos flotantes, fluctuación de caudal, etc.

Las unidades de tratamiento preliminar más utilizadas son las rejas, los desmenuzadores, los desengrasadores, los tanques de compensación y los desarenadores. De éstas, las más utilizadas son las rejas y en algunos casos de acuerdo a las características del agua, los desarenadores. Las demás unidades son más frecuentes para líquidos industriales.

Las rejas son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas, la más utilizada es la reja sencilla de limpieza manual con espaciamiento libre entre barras de 2 hasta 4 cm.

Los desarenadores son unidades destinadas a retener arena y otros minerales inertes y pesados como carbón, tierra, arena con diámetros mínimos de 0.2 mm, los tanques pueden tener un ancho de 20 a 100 cm y una longitud variable de 6 a 18 metros.

B) Tratamiento primario

El tratamiento primario es el proceso de tratamiento del agua residual consistente en la eliminación de los sólidos suspendidos contenidos en ellas por cualquier método.

C) Tratamiento secundario

Consiste en tratar el agua con el fin de transformar los compuestos que están en forma de sólidos disueltos y coloidales en compuestos estables, por medio de tratamientos físico-químicos como la coagulación (consiste en la desestabilización de los coloides, utilizando como coagulantes sales de hierro o aluminio, sulfato de aluminio y cloruro férrico), floculación (consiste en la aglomeración de los coloides y para ello se utilizan sílice activada y polímeros orgánicos), decantación, flotación, filtración, separación por membranas, adsorción e intercambio de iones, tratamientos químicos (precipitación, neutralización y óxido-reducción) y tratamientos biológicos (lodos activados, filtros percoladores, tanques Imhoff, lagunas de oxidación, biodiscos, zanjas de oxidación, filtros de arena, zanjas filtrantes).

D) Tratamiento terciario

Es el último paso del tratamiento del agua residual con el fin de pulir el efluente del tratamiento secundario, eliminando elementos como el N, P, K, Ca y otros. (CIMAD, 2010)

1.12 Parámetros caracterización vertimientos

1.12.1 Caracterización físico-química

Turbiedad

Se aplica a las aguas que tienen materia suspendida y coloidal que interfiere con el paso de la luz a través del agua. Es una medida de la reducción de la intensidad de la luz que pasa a través del agua.

Origen.

Óxidos de hierro, de zinc, coloides, sólidos suspendidos. En su mayoría provienen de arcillas de los suelos que conforman los lechos de los ríos.

Color

Es, en importancia, el segundo parámetro físico-químico del agua, y aunque está ligado a la turbiedad puede presentarse como una característica independiente.

- Color verdadero o color real: es debido a sustancias en solución. Se mide después de retirar la turbiedad por centrifugación, o sea después de retirar las sustancias suspendidas.
- Color aparente: incluye la turbiedad, o sea que se mide el color debido a sustancias en solución y en suspensión.

Temperatura

Una corriente puede cambiar su temperatura por efectos climáticos naturales o por la introducción de desechos industriales.

Es importante porque actúa sobre procesos como la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, y por los cambios de viscosidad en los procesos de tratamiento, como desinfección por cloro, filtración, floculación, sedimentación y ablandamiento.

Sólidos

Como materia sólida se clasifica toda la materia, excepto el agua, contenida en los materiales líquidos. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de materia

sólida contenida en una gran cantidad de sustancias líquidas y semi-líquidas que van desde aguas potables hasta aguas poluídas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

Sólidos totales: los que permanecen como residuo después de haber secado a 103°C. Incluye el material disuelto y el suspendido. $ST = SS + SD$.

Sólidos suspendidos: residuo no filtrable o material no disuelto.

Sólidos disueltos: son el residuo filtrable.

Sólidos volátiles: es lo que se pierde después de una calcinación a 600°C. Se interpretan en términos de materia orgánica.

Sólidos fijos: es el residuo después de la calcinación. Representan la materia inorgánica presente en la muestra estudiada.

Sólidos sedimentables: el volumen de sólidos que sedimenta en una hora por cada litro de muestra, en un cono de Imhoff.

Conductividad

Indicativo de sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Se mide en micromhos/cm o Siemens/cm. Es una medida indirecta de los sólidos disueltos. (Sierra, 2011, p. 60).

La conductividad específica de un agua es la medida de la habilidad para transportar una corriente eléctrica, varía con el tipo y cantidad de iones que contenga.

Depende de la temperatura. Es una medida de los sólidos disueltos contenidos en el agua: $SD = C K_s$ donde: C= constante empírica que varía entre 0.55 y 0.9. Se toma como 0.7 generalmente en los análisis de caracterización.

Cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad, y por ello el valor de la conductividad es muy usado en el análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

Los conductímetro miden en $\mu\text{mhos/cm}$ a 25°C con errores menores a 1%, la conductividad eléctrica de la muestra medida entre caras opuestas de un cubo de 1centímetro.

Grasas y Aceites

Sólo los aceites y las grasas sólidas o viscosas presentes se separan de las muestras líquidas por filtración. Después de la extracción en un aparato Soxhlet con hexano, se pesa el residuo que queda después de la evaporación del disolvente para determinar el contenido en aceite y grasa. Los compuestos que volatilizan a 103°C se perderán cuando se seque el filtro.

La presencia de aceites y grasas en el agua puede alterar su calidad estética (olor, sabor y apariencia).

El contenido de aceites y grasas en el agua se determina en el laboratorio mediante la extracción de todo el material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano. Los resultados se reportan como mg/L de MEH (material extraíble en hexano).

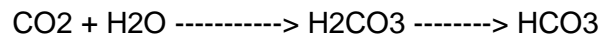
Las normas de calidad de agua recomiendan que los aceites y grasas estén ausentes en el agua para consumo humano, más por razones de aceptabilidad que porque exista algún riesgo de daño a la salud.

Acidez

La acidez de un agua es su capacidad para donar protones. Origen.

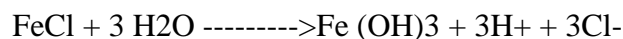
1- Porciones ionizadas de ácidos débiles tales como gas carbónico, ácido tánico,

Ácido fosfórico, ácidos grasos y compuestos proteicos.

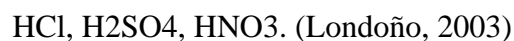


2 – Sales hidrolizables de algunos metales como sulfato de aluminio y sulfato

Ferroso. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} \text{----->} 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$



3 -Ácidos minerales, cuando el pH es bajo, muestra presencia de ácidos minerales fuertes como:



Agentes espumantes

Entre los agentes espumantes se agrupa a todos los compuestos tensoactivos que, por su naturaleza, en mayor o en menor grado, producen espuma cuando el agua es agitada. La causa principal reside en la presencia de residuos de los detergentes domésticos, como el alquilsulfonato lineal (LAS) y el alquil-sulfonato bencénico ramificado (ABS), entre los más comunes.

Su acción más importante en las aguas superficiales está relacionada con la interferencia en el poder autodepurador de los recursos hídricos, debido a la inhibición de la oxidación química y biológica. Como consecuencia de esto, aun en aguas fuertemente contaminadas, la determinación de la carga orgánica biodegradable (DBO) suele presentar valores bajos. Esto se debe, entre otras causas, a que las bacterias en presencia de detergentes se rodean de una película que las aísla del medio e impide su acción.

Por otro lado, la solubilidad del oxígeno en aguas que contienen detergentes es menor que en aguas libres de ellos. Se disminuye, en consecuencia, la difusión del oxígeno del aire a través de la superficie del agua.

Frente a la presencia de aceites y grasas, los detergentes juegan un papel emulsionante, lo que depende fundamentalmente de la estructura del grupo líofilo del detergente.

Asimismo, los —agentes tensoactivos‖ presentes en el agua pueden dispersar las sustancias insolubles o absorbidas, debido a la disminución de la tensión superficial del agua. Interfieren así en los procesos de coagulación, sedimentación y filtración.

Alcalinidad

Se define como el poder de una solución para neutralizar los iones H^+ y se debe primordialmente a las sales de los ácidos débiles, tales como carbonatos, bicarbonatos, boratos, silicatos y fosfatos, y unos pocos ácidos orgánicos que son muy resistentes a la oxidación biológica (ácidos húmicos) y llegan a formar sales que contribuyen a la alcalinidad total.

La alcalinidad debida a hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos es tan alta que hace despreciable la contribución de otros materiales. (Londoño, 2003)

Asbesto

El contenido de asbesto en el agua es una preocupación reciente. Bajo ciertas condiciones de calidad del agua y debido a la erosión, las fibras de asbesto pueden desprenderse de las tuberías de asbesto-cemento presentes en los sistemas de distribución. Sin embargo, una vez identificado el problema, es posible mitigar el efecto mediante el control y la reducción de la corrosividad del agua.

Estudios realizados en el Canadá encontraron cantidades que varían desde menos de 105 hasta 2×10^9 fibras de asbesto por litro en agua cruda y cantidades de $9,5 \times 10^6$ fibras de asbesto por litro en el agua filtrada.

La EPA reporta que concentraciones superiores a 7 millones de fibras mayores de 10 micrómetros por litro (nivel máximo permitido) en el agua potable podrían significar un alto riesgo de desarrollar pólipos intestinales benignos.

Sin embargo, la OMS considera que no es necesario recomendar un valor guía para el asbesto en el agua de bebida, debido a que las concentraciones normalmente halladas en ella no representan un riesgo para la salud.

Cianuro

Su presencia no es frecuente en aguas naturales. La concentración de cianuro en aguas superficiales se debe, por lo general, a su contaminación mediante descargas industriales, en especial de galvanoplastia, plásticos, fertilizantes y minería. La extracción de oro usa cantidades importantes de cianuro en procesos que generan efluentes con estos residuos, la mayor parte de los cuales tienen como destino final los ríos y los lagos.

El cianuro es muy tóxico: una dosis de 0,1 mg/L tiene efectos negativos en los peces y una de 50–60 mg/L puede ser fatal para los seres humanos. Los efectos del cianuro sobre la salud están relacionados con lesiones en el sistema nervioso y problemas de tiroides.

Cinc

Las aguas naturales pueden contener cinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el cinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce.

Cloruros

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas.

En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad.

Cobre

Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud.

Se trata de un elemento benéfico para el metabolismo, esencial para la formación de la hemoglobina. La deficiencia de cobre ha sido asociada con la anemia nutricional de los niños.

Sin embargo, si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales.

Exposiciones al cobre a largo plazo podrían causar lesiones hepáticas o renales.

Dureza

El agua dura es la que requiere mucho jabón para ejercer su acción limpiadora, formando incrustaciones cuando se eleva la temperatura. El agua blanda necesita más agua para retirar el jabón, disuelve el CO₂ y corroe. "Ni tan blanda que corroa ni tan dura que incruste". (Londoño, 2003)

Materia orgánica

Las aguas naturales, además de sustancias minerales y disueltas, pueden llevar en suspensión sustancias orgánicas provenientes del lavado de los suelos o del metabolismo de los organismos que viven en ellos. Además, los cuerpos de aguas superficiales pueden recibir descargas de aguas residuales de origen doméstico o industrial, las cuales provocan la polución y la contaminación en niveles variables.

Las sustancias provenientes del lavado de suelos son principalmente ácidos húmicos, mientras que las producidas por el metabolismo de los organismos acuáticos son los hidratos de carbono, las proteínas, las aminas, los lípidos, etcétera, así como pigmentos, hormonas y vitaminas, que funcionan como catalizadores o inhibidores de las funciones biológicas. Las sustancias provenientes de los desechos animales son principalmente derivados de la úrea, la cadaverina y la putrescina, entre otros.

Estas sustancias orgánicas representan una fuente de alimentación para los organismos (autótrofos y heterótrofos) presentes en el agua. Tienden a desaparecer progresivamente por oxidación, y pasar a CO₂, amoníaco, nitritos, nitratos, etcétera.

Por lo general, las aguas naturales no contaminadas presentan cantidades mínimas de materia orgánica, salvo aquellas que provienen de bosques o aguas estancadas.

La materia orgánica puede ser, en muchos casos, la responsable del color, el olor y el sabor del agua, los cuales deben ser eliminados durante el tratamiento a fin de hacerla apta para el consumo humano.

a) Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO₅

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Se expresa en mg/L. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos eductores.

Es una prueba que reduce a números un fenómeno natural, muy sencillo en teoría, pero en esencia muy complejo. El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20 °C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO₅.

Demanda química de oxígeno —medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturasll. (RAS, 2000, p. E7)

b) Demanda Química de Oxígeno: DQO

Equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin la intervención de los organismos vivos.

La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante la coagulación-floculación, la sedimentación y la filtración. Sin embargo, cuando la fuente de agua cruda tiene una carga orgánica y bacteriana muy grande —caso en el que la DBO5 puede alcanzar valores muy altos—, será necesaria una precloración, que debe constituirse en un proceso adecuadamente controlado.

Lo deseable es que las fuentes de agua cruda no presenten una carga orgánica elevada. Por la naturaleza de estos parámetros, las normas de calidad de agua establecen que los causantes de la contaminación orgánica deben estar ausentes en las aguas para consumo humano.

Nitritos y nitratos

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas.

Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO_2) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

Oxígeno disuelto

Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en algún grado. El oxígeno es pobremente soluble y no reacciona químicamente con el agua. (Londoño, 2003)

La cantidad de oxígeno que está en el agua se denomina oxígeno disuelto. La solubilidad es directamente proporcional a la presión parcial.

La ley de Henry puede utilizarse para calcular la cantidad de O_2 presente en condiciones de saturación y a una temperatura dada:

$$C_{eq} = p_{\text{gas}}$$

$$\text{O}_2 \text{ a } 20^\circ\text{C} = 43.8 \text{ mg / L-atm}$$

La solubilidad disminuye con la salinidad. En aguas frescas la concentración de OD fluctúa entre 14.6 mg/L a 0°C y 7 mg/L a 35°C , cuando la presión atmosférica es de una atmósfera.

El Oxígeno disuelto —es una de las pruebas más simples e importantes para determinar por su concentración la contaminación de corrientes o los cuerpos de agua. Es una de las condiciones para que exista crecimiento y reproducción de una población normal de peces y otros organismos acuáticos. (Sierra, 2011, p. 85).

pH

Es una forma de expresar la concentración de iones Hidrógeno $[\text{H}^+]$ o más exactamente de su actividad. Se usa universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución. (Londoño, 2003)

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$$

La escala va de 0 hasta 14 y 7 representa la neutralidad. Concentraciones excesivas de H^+ afectan el agua en algunos de sus usos y por esta razón es una medida de polución en potencia.

El pH es el que controla el grado de disociación de muchas sustancias. No debe confundirse con la acidez o la alcalinidad.

pH —término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua, por análisis químico se sabe que el pH siempre se encuentra en una escala de 0 a 14l. (Sierra, 2011, p. 59).

Grupo colifome

Los coliformes son bacterias que habitan en el intestino de los mamíferos y también se presentan como saprófitos en el ambiente, excepto la *Escherichia*, que tiene origen intestinal. Los coliformes tienen todas las características requeridas para ser un buen indicador de contaminación. Este grupo de microorganismos pertenece a la familia de las enterobacteriáceas.

Se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en un lapso de 24-48 horas y producir ácido y gas. Los siguientes géneros conforman el grupo coliforme:

Klebsiella

Escherichia

Enterobacter

Citrobacter

Serratia

De este grupo, la *Escherichia* y ocasionalmente la *Klebsiella* tienen la capacidad de fermentar la lactosa no solo a las temperaturas indicadas, sino también a 44,5 °C. A los miembros de este grupo se les denomina coliformes termotolerantes (fecales) Coliformes totales. Los coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas. Tienen la enzima cromogénica B galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador ONPG (Orto-nitrofenil--d-galactopiranosido).

Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo. La reacción se detecta por medio de la técnica de sustrato definido. Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana.

Los coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la que circula en el sistema de distribución. No constituyen un indicador de contaminación fecal.

Coliformes termotolerantes (fecales). Se sabe que la contaminación fecal del agua está relacionada con la transmisión de agentes patógenos por el agua. Por este motivo, se requieren métodos sensibles que permitan medir el grado de contaminación fecal.

Se denomina coliformes termotolerantes a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes totales que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal. Por este motivo, antes recibían la denominación de coliformes fecales; estos coliformes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos.

Los coliformes termotolerantes crecen a una temperatura de incubación de 44,5 °C. Esta temperatura inhibe el crecimiento de los coliformes no tolerantes. Se miden por pruebas sencillas, de bajo costo y ampliamente usadas en los programas de vigilancia de la calidad del agua. Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana; actualmente el mercado ofrece otras técnicas más avanzadas, pero el empleo de las técnicas tradicionales está aprobado por los estándares internacionales.

1.13 Manual de Gestión Socio-Ambiental para Obras de Construcción

El agua resultante de las obras de construcción tiene un alto contenido de partículas minerales suspendidas, y en ocasiones, puede estar mezclada con restos de cemento, concreto u otras sustancias, lo que aumenta de forma importante su alcalinidad. Estos materiales provocan taponamientos en los conductos en alcantarillas, generan contaminación en los cuerpos de agua que actúan como sus receptores o, en caso de llegar a las redes de aguas residuales, causan problemas en las plantas de tratamiento.

En las obras de construcción, el agua debe manejarse considerando los siguientes criterios de manejo:

- Reducir el consumo
- Prevenir la contaminación.
- Recolectar separadamente aguas grises, aguas residuales, aguas de escorrentía.
- Recircular aguas grises.
- Tratar las aguas grises antes de su descarga para retirar grasas y/o sedimentos.
- Verter las aguas residuales domésticas a las redes de alcantarillado o tratarlas en pozos sépticos. Otros problemas son más frecuentes cuando se construyen obras que requieran la intervención directa de cuerpos de agua naturales. En este caso se debe tener precauciones aún más estrictas.

1.14 Normativa

1.14.1 Normativa internacional

Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas

EL CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Económica Europea y, en particular, su artículo 130 S, Vista la propuesta de la Comisión (1), Visto el dictamen del Parlamento Europeo (2), Visto el dictamen del Comité Económico y Social (3), Considerando que, en su Resolución de 28 de junio de 1988 (4) sobre la protección del Mar del Norte y de otras aguas de la Comunidad, el Consejo solicitó a la Comisión que presentara propuestas con las medidas necesarias a nivel comunitario para el tratamiento de las aguas residuales urbanas; Considerando que la contaminación debida a un tratamiento insuficiente de las aguas residuales de un Estado miembro repercute a menudo en las de otros Estados miembros y que, por tanto, es necesaria una acción comunitaria, con arreglo al artículo 130 R; Considerando que es necesario un tratamiento secundario de las aguas residuales urbanas para evitar que la evacuación de dichas aguas tratadas de manera insuficiente tenga repercusiones negativas en el medio ambiente; Considerando que es necesario exigir un tratamiento más riguroso en las zonas sensibles mientras que un tratamiento primario puede ser adecuado en algunas zonas menos sensibles; Considerando que los sistemas colectores de entrada de aguas residuales industriales así como la evacuación de aguas residuales y lodo procedentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas deberían ser objeto de normas generales, reglamentaciones y/o autorizaciones específicas; Considerando que deben someterse a requisitos adecuados los vertidos de aguas residuales industriales biodegradables, procedentes de determinados sectores industriales, que no entran en las plantas de tratamiento de las aguas residuales urbanas antes del vertido a las aguas receptoras; Considerando que debe fomentarse el reciclado de los lodos producidos por el tratamiento de las aguas residuales; que debe suprimirse progresivamente la evacuación de lodos a las de aguas superficiales; Considerando

que es necesario controlar las instalaciones de tratamiento, las aguas receptoras y la evacuación de lodos para garantizar la protección del medio ambiente de las repercusiones negativas de los vertidos de aguas residuales; Considerando que es importante garantizar la información al público, mediante la publicación de informes periódicos, sobre la evacuación de aguas residuales urbanas y lodos; Considerando que los Estados miembros deberán elaborar y presentar a la Comisión programas nacionales para la aplicación de la presente Directiva; Considerando que debería crearse un comité que colabore con la Comisión en los temas relacionados con la aplicación de la presente Directiva y con su adaptación al progreso técnico. (CEE, 1991)

Hong Kong

Contaminación del Agua Control de la Ordenanza (Cap. 358)

En la legislación de Hong Kong todas las aguas residuales que no sean domesticadas deben tener un tratamiento y debe cumplir unos parámetros mínimos para poder ser vertidas a los sistemas de alcantarillado, el sector de la construcción no es contemplado como doméstico.

Legislación Ambiental para la Gestión de la Calidad del Agua al 15 de junio 2011

Modificación de la Ordenanza de Control de la Contaminación del Agua.

La Contaminación del Agua Ordenanza de Control, promulgada en 1980 permite al Gobierno establecer zonas de control de agua en la que las regulaciones se aplican para controlar las descargas de efluentes con el objetivo de alcanzar los objetivos de calidad del agua en cada zona. Fue modificada en 1990 para ampliar el alcance y permitir mayores controles sobre la descarga de efluentes. Se hicieron otras modificaciones en 1993 para imponer controles sobre la conexión de las aguas residuales al sistema de alcantarillado público y el buen funcionamiento y el mantenimiento de las plantas privadas de tratamiento de aguas residuales comunales. (Hong Kong, 2012).

La Contaminación del Agua Ordenanza de Control fue modificada para ampliar su ámbito y permitir controles más estrictos sobre la gestión de la Calidad del Agua

Control de la Contaminación del Agua (modificación) de 1993.

Requiere que los dueños de propiedad para conectar las aguas residuales al sistema de alcantarillado mal público, asegura que las plantas privadas de tratamiento de aguas residuales municipales es la adecuada y permite al gobierno llevar a cabo el trabajo necesario sobre una base de recuperación de costos, cuando los requisitos del gobierno no se respetan (Hong Kong, 2012).

Brasil

Brasil Establece los parámetros de vertimientos que deben cumplir fuentes contaminadoras que viertan sus residuos líquidos directa o indirectamente¹ a cuerpos de agua superficial a nivel nacional.

Normas de vertimientos se regulan los vertimientos a cuerpos de agua. Así mismo en la norma se establecen los objetivos de calidad para los cuerpos de agua según su uso. Cada estado es autónomo de establecer concentraciones más estrictas de los contaminantes según las condiciones locales. (Resolución CONAMA Resolução conama nº 357 de 2005)

Vertimientos – cuerpos de agua directos o indirectos- Los parámetros que establece CONAMA para vertimientos a cuerpos de agua, la característica del parámetro [físico, orgánico, inorgánico y otros], y los límites permisibles. Adicionalmente en esta tabla se observan las concentraciones reguladas para el Estado do Río Grande do Sul, establecidas por el Consejo Ambiental del Estado.

Los vertimientos indirectos son los realizados a sistemas de saneamiento Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental – CIIA. (CONSEMAI, en la Resolución N° 128 de 2006) en las tablas y los índices se contempla los contaminantes provenientes de la construcción para los límites máximos en el caso de algunas ciudades en Brasil.

1.14.2 Normativa Nacional

Decreto ley de 1974 por el cual se expide el código nacional de los recursos naturales, artículos 1 al 6, habla del uso manejo, prevención y conservación de los recursos naturales. (República de Colombia, 1974).

DECRETO 1594 DE 1984, capítulo 1, artículos 3 al 18. Por el cual se reglamenta los usos del agua y residuos líquidos y se definen las normas de vertimientos y los estándares de calidad del agua.

La sigla EMAR utilizada en el presente Decreto, corresponde a: Entidad Encargada del Manejo y Administración del Recurso. Los criterios de calidad establecidos en el presente Decreto son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso. Entiéndase por tratamiento convencional para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Vertimiento líquido cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.

Es usuario toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso o de un acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso. Zona de mezcla, el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento. Vertimiento no puntual aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al recurso, tal es el caso de

vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares. Lodo a la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares. Concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene. Carga al producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinados en el mismo -sitio; se expresa -en kilogramos por día (Kg. /d). Bioensayo acuático al procedimiento por el cual las respuestas de organismos acuáticos se usan para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación. Toxicidad la propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto, de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo. Toxicidad aguda la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho, o, factor ambiental, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en cuatro (4) días o menos a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

Toxicidad-crónica la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho o factor ambiental, de causar cambios en el apetito, crecimiento, metabolismo, reproducción, movilidad o la muerte o producir mutaciones después de cuatro (4) días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático. (República de Colombia, 2084).

Decreto 302 de 2000, artículo 3, de las acometidas de acueducto y alcantarillado, sus conexiones, cortes fraudes, conexiones temporales como en el caso de la construcciones en el perímetro urbano que cuentan con unas conexiones a los servicios públicos temporales. Las cámaras de registro he inspecciones. Multiusuarios, conexiones, cobros, reconexiones instalaciones internas de alcantarillado, servicios comerciales, industriales, domiciliarios, entre otros. (República de Colombia, 2000).

DECRETO 3930/2010, artículo 38, habla de la obligación de los suscriptores, usuarios y prestadores del servicio público de alcantarillado De que trata el artículo 3ºc del Decreto 302 de 2000 o la norma que lo modifique, adicione o sustituya, están obligados a cumplir la norma de vertimiento vigente. (República de Colombia, 2010).

DECRETO 4728/2010, "Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010" (República de Colombia, 2010).

Decreto N° 303 de 2012. Artículo 1 al 8: El presente decreto reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto- Ley 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico para el componente de concesión de aguas y el componente de autorizaciones de vertimientos (República de Colombia, 2012).

Decreto N° 2667 de 2012. Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales. (República de Colombia, 2012).

Decreto N° 1640 de 2012. Tiene como objeto reglamentar los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos del país, de conformidad con la estructura definida en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. (República de Colombia, 2012).

RESOLUCIÓN 1207 DEL 2014. Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Habla de los criterios de calidad para el reúso de las aguas residuales en sus posibles usos agrícola e industrial (República de Colombia, 2014).

Artículo 9°. De las obras. La construcción, operación, mantenimiento y protección de las obras que se requieran para el desarrollo de las actividades de reúso desde el punto de entrega de las aguas residuales tratadas cumpliendo con el criterio de calidad, son responsabilidad del Usuario Receptor y deberán contar con los permisos y autorizaciones a que haya lugar. (República de Colombia, 2014)

Resolución N° 0631 de 2015. Por la cual se establece los parámetros y los valores límites máximos permitidos en vertimientos puntuales a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado público

Capítulo 2. Metodología

2.1 Sitio donde se realizó la investigación

El piloto para la toma de muestras en campo, se realizó en un edificio de apartamentos, en construcción, en el sector urbano de la ciudad de Manizales, Caldas, Colombia. Los análisis de las muestras y el piloto de la planta de tratamiento se realizaron en el Laboratorio de Recursos Naturales del Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé.

2.2 Período de ejecución

La parte experimental se llevó a cabo entre Noviembre 2012 y Septiembre 2014. Incluyó ensayos preliminares realizados en el SENA Regional Manizales, montaje de los pilotos en campo y en los laboratorios de Cenicafé, caracterizaciones de muestras de aguas residuales, ensayos de tratabilidad y montaje de una planta piloto en los laboratorios de Cenicafé.

La planta piloto se fabricó con botellas de gaseosa plásticas de 2.5lt y recipientes plásticos reciclados (caja de galletas), las conexiones entre los diferentes recipientes se hicieron con tubos PVC.

La planta piloto constó: De un sedimentador con capacidad de 2 litros, un reactor de neutralización con capacidad de 2 litros y un filtro con capacidad de 2 litros.

En el capítulo Construcción y evaluación de un sistema piloto de tratamiento se detalla los procesos y tratamientos efectuados en el piloto.

2.3 Materiales utilizados

- Concretos de 3000psi
- Aguas residuales de la construcción
- Elementos de laboratorio
- Equipos de laboratorio
- Pilotos de elaboración de concreto (0,072 y 0,0022m³)
- Piloto de planta de tratamiento

2.4 Métodos

2.4.1 Toma de muestras

En la obra objeto de estudio se fabricaron concretos de 3000psi con cemento Argos y material de cantera. Ver anexos 1, 2,3, 4 y 5 (materiales para la fabricación del concreto y diseño de mezcla 3000psi), se usó como desmoldante ACPM y Aceite quemado, de allí se obtuvieron las muestras de agua para caracterización (ver foto 9).

En laboratorio de Cenicafé se reconstruyeron estos concretos con el mismo tipo de material usado en la obra objeto de estudio, con el fin de tener las muestras de aguas residuales que alimentaron el piloto de planta de tratamiento.



Figura 9. Proceso de vaciado de muros estructurales con formaleta metálica

Fuente: Autor

En la foto 9 se observa el flujo de aguas residuales generadas en el vaciado de muros estructurales, muros vaciados o sistema industrializado las cuales se recolectaron para su caracterización (Foto 10).



Figura 10. Generación de aguas residuales en las uniones de la formaleta metálica

Fuente: Autor



Figura 11. Aspecto de las muestras recolectadas

Fuente: Autor

Como se ve en la figura 11 las muestras se recolectaban en recipientes limpios libres de grasas, aditivos o algún otro contaminante de la muestra.

Las muestras se transportaban en una nevera de icopor el mismo día que se tomaban en la obra objeto de estudio y se garantizaba que fueran procesadas antes de las 24 horas siguientes a la toma de la muestra.

En noviembre de 2012 se realizaron en las instalaciones del SENA; 2 caracterizaciones de aguas residuales tomadas de la obra objeto de estudio, durante la actividad cotidiana del vaciado de muros estructurales. Ver anexo 6 y Figura 12.



Figura 12. Caracterización preliminar

Fuente: Autor

Estos dos muestreos marcaron el punto de partida para los siguientes muestreos tomados en agosto de 2013, en la misma obra objeto de estudio.

Para la experimentación definitiva se construyó un piloto de muro con tableros de formaleta metálica de 1,2m de alto 0,6m de ancho, por 0,1m de espesor ($V= 0,072 \text{ m}^3$) (Figura 25).

El Concreto se fabricó con las mismas características y dosificación de materiales que en las muestras preliminares (concreto de 3000psi con cemento argos y agregados de la región). Y se realizaron 10 muestreos (Figura 26).



Figura 13. Formaleta y desmoldante

Fuente: Autor



Figura 14. Sistema de recolección de aguas residuales

Fuente: Autor

En la foto 15 se aprecia el aspecto del agua residual obtenida.



Figura 15. Aspecto del agua residual generada

Fuente: Autor

2.4.2 Caracterización Físicoquímica y microbiológica de las aguas residuales

Para caracterización de las aguas residuales se utilizaron los siguientes parámetros: pH, Conductividad, Temperatura, Turbiedad, Color, DQO, Sólidos Totales, Sólidos Suspendedos, Alcalinidad, Dureza y Coliformes totales y Fecales.

Las Normas utilizadas fueron las condensadas en el Standard Métodos. (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

A continuación se detallan los métodos utilizados:

pH: método potenciométrico, empleando como sensor un electrodo combinado Referencia InLab 413SG, acoplado a un instrumento de medición portátil (Modelo Seven Go Referencia SG2-FK, Mettler Toledo). Foto 16.



Figura 16. Determinación de pH

Fuente: Autor

Conductividad: se determinó por el método potenciómetro utilizando un conductímetro marca Metrohm. Foto 17.



Figura 17. Determinación de la conductividad

Fuente: Autor

Temperatura: Se utilizó un termómetro digital Marca Testo, con un rango de medición entre -50°C y 250°C y una resolución de $0,1^{\circ}\text{C}$. Foto 18.



Figura 18. Determinación de la temperatura

Fuente: Autor

Turbiedad: Método absortométrico, de la HACH y el espectrofotómetro DR2000. Rango de medida (0 a 450 unidades Formazina de Turbidez, FTU, las cuales son equivalentes a las unidades nefelométricas de turbidez, NTU) se leyó a una longitud de onda de 450 nm (HACH, 1988). Foto 19.

Color: Método espectrofotométrico. Utilizando un espectrofotómetro DR2000. Foto 19



Figura 19. Determinación de Color y Turbiedad

Fuente: Autor

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Método de reflujo cerrado, método colorimétrico desarrollado por la HACH y aprobado por la U.S.EPA (HACH, 1988), utilizando un Espectrofotómetro HACH referencia DR-2000 y una longitud de onda de 420 nm. Foto 20.



Figura 20 Determinación de la DQO

Fuente: Autor

Sólidos Totales (ST) y Sólidos Suspendidos (SST): Método gravimétrico (APHA, AWWA, WPCF, 1992). Foto 21.



Figura 21. Determinación de Sólidos

Fuente: Autor

Alcalinidad: Se determinó por el método titulométrico de Jenkis y Col. (1983). Para ello se tomaron muestras y se titularon primero hasta pH 5,75.



Figura 22. Determinación de la alcalinidad

Fuente: Autor

Dureza: Titulométrico de EDTA (APHA, AWWA, WPCF, 1992). Se midieron ml de muestra y se adicionó solución tampón hasta pH de 10. Se adicionaron 2 gotas de indicador y se tituló agitando continuamente hasta que el tinte rojizo desapareciera de la solución.



Figura 23. Determinación de la dureza

Fuente: Autor

Coliformes Totales y Fecales: Método de filtración por membrana que se basó en hacer pasar la muestra de agua problema, a través de un filtro de membrana microporosa en cuya superficie quedan retenidos los microorganismos. Se utilizó una membrana de Millipore tipo HA (hidroanálisis), que tiene un tamaño de poro de 0,45 micras y como medio de cultivo Agar Cromocult. Foto 24.



Figura 24. Determinación de Coliformes

Fuente: Autor

2.5 Obtención de muestras en el laboratorio

Una vez determinadas las características fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras de agua residual provenientes de la construcción, se realizó un micropiloto de muro con tableros de formaleta de madera de 0,3 m de alto 0,15m de ancho, por 0,05 m de espesor ($V=0,0022m^3$), con el fin de obtener suficiente agua residual para las pruebas de tratabilidad y para el piloto de planta de tratamiento (Foto 25 y 26). Adicionalmente se realizó el cálculo de la cantidad de agua residual generada a partir del agua utilizada en el proceso de vaciado de muro.



Figura 25. Aspecto formaleta micro- piloto

Fuente: Autor



Figura 26. Vaciado de un muro en el micro- piloto

Fuente: Autor

2.6 Diseño del sistema de tratamiento

2.6.1 Pruebas de tratabilidad de las aguas residuales

Con el fin de determinar la dosificación adecuada de los reactivos, los tiempos de retención y las eficiencias de remoción, se realizaron ensayos en el laboratorio para la eliminación de Dureza y Alcalinidad principalmente. A continuación se describe el procedimiento que se llevó a cabo:

2.6.1.1. Eliminación de la Dureza

Para eliminar la dureza de la muestra se agregó carbonato de sodio a diferentes concentraciones (0,05g, 0,10g, 0,15g, 0,20g, 0,25g) a 100 ml de muestra; después 6 horas de precipitación se determinó la dureza de cada una de las muestras, finalmente de acuerdo a los resultados se seleccionó la dosis adecuada. Foto 27.



Figura 27. Pruebas de tratabilidad para eliminación de dureza

26.1.2. Ajuste del pH y Remoción de la alcalinidad

Dado que las muestras de agua provenientes de la construcción son altamente alcalinas se hace necesario llevar las muestras a un pH entre 5 y 9 ya que la normativa así lo exige (Decreto 1594 de 1984). Por lo anterior se realizaron pruebas preliminares en el laboratorio adicionando diferentes cantidades de ácido sulfúrico al 0,5 N hasta llegar a valores de pH entre 6 y 9.

A las muestras obtenidas (a los diferentes pH) se les determinó la Alcalinidad, con el fin de poder seleccionar la cantidad de ácido adecuada con el cual se obtuviera una muestra con un pH adecuado, pero además que se alcanzará una remoción de alcalinidad que facilitara el reusó del agua tratada.

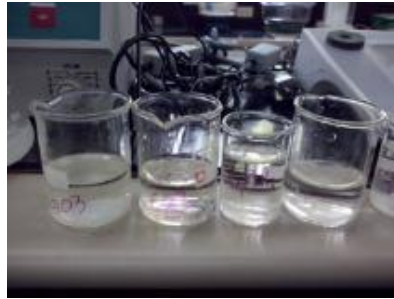


Figura 28. Pruebas de tratabilidad para eliminación de alcalinidad

2.7 Construcción y evaluación de un sistema piloto de tratamiento

El sistema de tratamiento evaluado estuvo compuesto por tres etapas:

1. Tratamiento Primario, 2. Tratamiento Secundario y 3. Tratamiento terciario

Tratamiento Primario: El agua residual generada se sometió a dos procesos físicos (sedimentación y desnatado) con el fin de eliminar la gran cantidad de sólidos sedimentables presentes y la capa de grasa que se forma en la superficie. Para ello se determinó el tiempo máximo para eliminación de los Sólidos sedimentables antes de que la mezcla se endureciera y no permitiera su remoción del dispositivo de sedimentación.



Figura 29. Tratamiento primario

Tratamiento Secundario: Después de que el agua residual pasará por el tratamiento primario, se condujo a la segunda etapa donde se realizaron dos tratamientos químicos (Precipitación y Acidificación). Foto 30.



Figura 30. Tratamiento secundario

La precipitación (eliminación de dureza) se realizó con carbonato de sodio y la eficiencia del tratamiento se evaluó mediante la determinación de la dureza y la turbiedad en el agua tratada, para ello se realizaron tres ensayos y se evaluaron las características del agua tratada a las 6, 8, 12, 24 y 30 horas.

Para eliminar alcalinidad se acidifico la muestra ablandada (proceso para reducción de la dureza) dosificando una solución de ácido sulfúrico.

Tratamiento terciario: Finalmente el agua ablandada y acidificada se pasó por un sistema de filtración que contenía grava, arena y carbón activado (Foto 31)



Figura 31. Sistema de filtración utilizado en el tratamiento terciario

En la Foto 32 se presenta el recipiente final de recolección del agua filtrada



Figura 32. Recolección del agua filtrada

Capítulo 3. Resultados y Discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las fases de caracterización de las aguas residuales, pruebas de tratabilidad y piloto de planta de tratamiento.

En la tabla 4 se presenta la caracterización fisicoquímica preliminar, realizada en el SENA, a las aguas provenientes del vaciado de muros de concreto.

Tabla 4.

Resultados Caracterización preliminar realizada en el SENA

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio	CV (%)
pH (Unidades de pH)	12,1	11,7	12,19	12,04	12,23	12,05	1,75
Sólidos Sedimentables (ml/L)	265	115	381	292	283	267	35,99

Los resultados encontrados mostraron que las aguas residuales provenientes del vaciado de muros tienen un pH alto (12,05), $n=5$, $CV=1,75$, por encima de lo que establece la norma para vertimientos puntuales (pH entre 5 y 9) (Decreto 1594 del 1984), siendo necesario realizar una acidificación que permita bajar el pH a los rangos permitidos. Con respecto al contenido de sólidos sedimentables estos variaron entre 115 y 381 ml /L, para un promedio de 267 ml/L ($n=5$, $CV=35,99$) por encima de lo que establece la norma para vertimientos puntuales ($S_{sed} < 10$ ml/L) (Decreto 1594 del 1984), siendo necesario realizar un tratamiento de eliminación de sólidos que permita que el efluente cumpla con los parámetros de calidad dispuestos en la normativa.

En las tablas 5 y 6 se presentan los resultados de la caracterización obtenida, durante 10 muestreos, de las aguas residuales provenientes del vaciado de muros, en el piloto construido en la obra. Los análisis de las muestras fueron realizados en el laboratorio de Recursos Naturales del Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé.

TABLA 5.**Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual generada.**

Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
pH (Unidades de pH)	12,5	12,19	12,33	12,3	12,19	12,32	12,3	12,52	12,38	12,42
Temperatura (°C)	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	9,18	8,54	8,88	8,563	7,598	7,029	6,216	8,24	7,424	8,128
DQO (ppm)	202	208	209	190	207	252	248	232	203	210
Turbidez (FTU)	48	52	68	41	50	40	34	39	37	36
Color (Unidades Pt-Co)	142	104	202	135	164	114	149	202	155	140
Dureza (mgCaCO₃/L)	4240	4280	5240	4980	4760	4360	5120	4860	4880	4440
Alcalinidad (mgCaCO₃/L)	3568	3756	3350	3148	2825	3564	3265	3090	3512	2897
Sólidos Totales (ppm)	5682	5921	5419	5550	5767	5923	5371	5284	4151	5230
Sólidos Suspendidos (ppm)	318	344	350	372	374	298	336	372	334	338
Sólidos Sedimentables (ml/L)	417	333	357	310	250	382	333	294	300	342
Coliformes totales (UFC/100ml)	2000	2500	2000	3000	1500	3000	2000	1500	2500	2000
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	10	6	8	10	4	0	0	6	4	8

Tabla 6.

Valores promedio de los diez muestreos realizados en la caracterización de las aguas residuales provenientes del sector de la construcción.

	pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad	DQO (ppm)	Turbidez (FTU)	Color (Unidades)	Dureza (mgCaCO ₃)	Alcalinidad (mgCaCO ₃)	Sólidos Totales	Sólidos Suspendidos (ppm)	Sólidos Sedimentables (ml/L)	Coliformes Totales (UFC/100m)	Coliformes Fecales (UFC/100m)
Valor del parámetro	12,35	20,80	7,98	216	45	151	4716	3298	5430	344	332	2200	6
Desviación Estándar	0,11	0,74	0,91	20,67	10,29	32,36	361,58	307,98	513,85	24,71	47,29	537,48	3,63
Coefficiente de Variación (%)	0,91	3,55	11,41	9,57	23,12	21,47	7,67	9,34	9,46	7,19	14,25	24,33	64,77

De acuerdo con los valores condensados en la tabla 6, se puede establecer lo siguiente respecto a las caracterizaciones obtenidas:

Los coeficientes de variación de los diferentes parámetros evaluados estuvieron por debajo del 25% (excepto para el parámetro coliformes fecales) lo que evidencia una consistencia en las características fisicoquímicas de las aguas residuales obtenidas. El mayor valor del coeficiente de variación encontrado para el parámetro coliformes fecales se debe posiblemente a contaminación cruzada en la manipulación del agua antes y durante el proceso de vaciado de los muros.

El valor del pH se mantuvo muy cercano al encontrado en las pruebas preliminares (12,35 vs 12,05) y por encima de lo que exige la norma en vertimiento puntuales (5 a 9) (Decreto 1594). El contenido de Sólidos sedimentables fue mayor en las pruebas piloto que en la prueba preliminar, con un valor promedio de 332 ml/L (n=10; CV=14,25) y por encima de lo que exige la norma (<10 ml/L) (Decreto 1594).

A partir de enero del 2016 entrara en vigencia la nueva resolución sobre parámetros y valores de calidad en vertimiento puntuales a cuerpos de agua. En la página Web del

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se presentó a consulta pública la norma que próximamente será emitida. En su última versión del año los vertimientos provenientes del sector inmobiliario quedaron agrupados en el capítulo VII y se exige que estos deben tener unas concentraciones máximas admisibles, para su descarga a cuerpos de agua superficiales, de 150 ppm para DQO, 50 ppm para sólidos suspendidos totales, 1 ppm para sólidos sedimentables, 10 ppm para aceites y grasas y un pH entre 6 a 9, entre otros. Como se puede apreciar, los valores de estos mismos parámetros, regulados por la nueva normativa, se encuentran excedidos en las caracterizaciones realizadas en el presente estudio: pH (12,52 Vs norma que establece 6 a 9), Sólidos sedimentables (332 ml/L Vs norma que establece 1 ml/L), DQO (216 ppm Vs norma que establece 150ppm) y sólidos suspendidos totales (344 ppm Vs norma que establece 50 ppm), siendo necesario implementar un sistema de tratamiento que permita bajar las concentraciones de los parámetros de interés a valores iguales o menores a los exigidos por la normatividad ambiental.

Adicional a lo anterior, los valores de alcalinidad y dureza son altos si los comparamos con los que debería tener el agua para abastecimiento. Los valores medios de alcalinidad encontrados en la presente caracterización fueron de 3298 mgCaCO₃/L Vs 200 mgCaCO₃/L que debe tener el agua de abastecimiento (resolución 2115 del 2007) y los valores medios de dureza total fueron de 4716 mgCaCO₃/L Vs 300 mgCaCO₃/L que debe tener el agua de abastecimiento (resolución 2115 del 2007), siendo importante remover estos compuestos con el fin de potenciar el reusó de las aguas tratadas no solo para abastecimiento sino para fines agrícolas e industriales siendo la presencia de carbonatos (que incrementan los valores de alcalinidad y dureza) restrictivos para su uso en estas actividades.

En la tabla 7 se presentan los resultados de las pruebas de tratabilidad realizadas para remover dureza.

Tabla 7.

Resultados prueba de tratabilidad para eliminación de dureza a partir de una muestra con una dureza de 4220 mgCaCO₃/L (valor experimental obtenido de la realización del micropiloto)

Gramos de NaCO ₃ / 100 ml de muestra	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	Promedio	Desviación	CV (%)
0,05 g	1318	1324	18	1
	1309			
	1344			
0,10 g	769	780	13	2
	777			
	794			
0,15 g	308	274	30	11
	250			
	263			
0,20 g	34	34	1	2
	35			
	34			
0,25 g	22	19	2	12
	18			
	18			

De los resultados condensados en la tabla 7 se puede observar que a medida que se incrementa la adición de carbonato de sodio al agua residual disminuye la dureza, encontrándose que para una aplicación de 1,5 gramos de carbonato de sodio por litro de agua residual, se logra bajar la dureza a menos de 300 mgCaCO₃/L, valor referido que debe tener el agua para abastecimiento. Los estudios de tratabilidad en la eliminación de dureza se realizaron por triplicado dado que los coeficientes de variación obtenidos fueron muy bajos (menores al 12%) lo que mostro la consistencia en las respuestas del agua residual al tratamiento.

En el Grafico 1 se presenta como ocurre la eliminación de la dureza a la adición de las diferentes dosis del ablandante (carbonato de sodio).

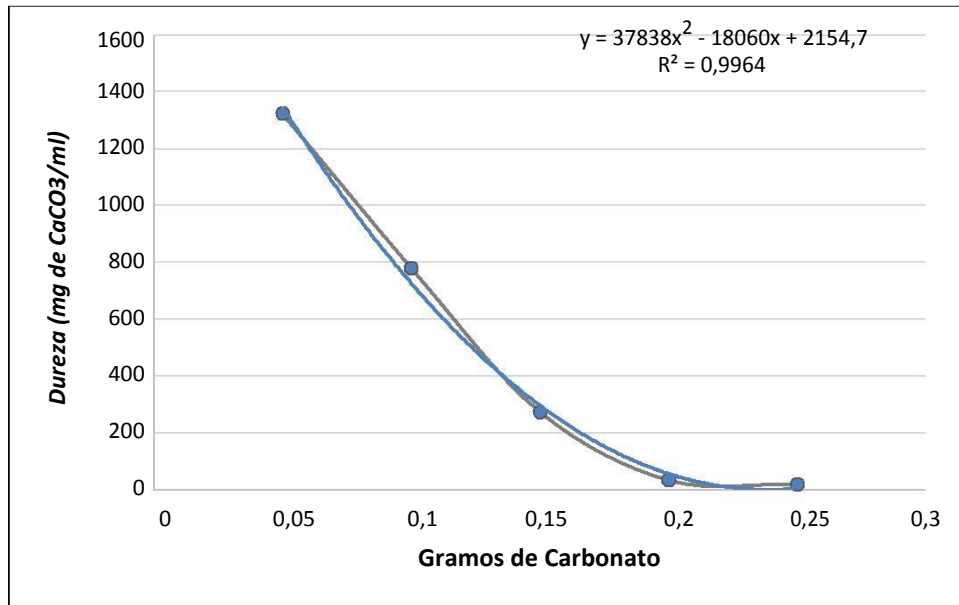


Gráfico 1.

Resultados prueba de tratabilidad para eliminación de dureza

Como se puede observar en el gráfico 1 existe una relación polinómica entre la dureza y la dosis de carbonato adicionada con un coeficiente de correlación de 0,9964, con la función obtenida que relaciona eliminación dureza y dosis de carbonato se logró establecer que a una dosis de 1,5 gramos de carbonato de sodio por litro de agua residual se logra disminuir la dureza a valores por debajo de 300 mgCaCO₃/L valor referido para el agua potable.

En la tabla 8 se presentan los resultados de las pruebas de tratabilidad realizadas para remover alcalinidad.

Tabla 8.

Resultados Prueba de tratabilidad para eliminación de alcalinidad a partir de una muestra con una alcalinidad de 3389 mgCaCO₃/L y un pH de 12,45 (valores experimentales obtenidos de la realización del micropiloto).

pH Final	Ácido sulfúrico 0,5 N agregado (ml/100 ml)	Promedio ácido agregado	Alcalinidad mgCaCO ₃ /L	Promedio alcalinidad mgCaCO ₃ /L
9	2,12	2,11	914	924
	2,10		919	
	2,10		938	
7,5	2,18	2,21	499	499
	2,20		498	
	2,24		501	
7	2,45	2,37	408	412
	2,35		427	
	2,30		400	
6,5	3,10	3,10	236	237
	3,11		228	
	3,10		247	
6	3,14	3,15	181	180
	3,15		198	
	3,17		162	
5,5	3,36	3,37	85	86
	3,40		93	
	3,34		81	

De los resultados condensados en la tabla 8 se puede observar que a medida que se incrementa la adición de ácido sulfúrico al agua residual disminuye la alcalinidad encontrándose que para una aplicación de 31,5 ml de ácido sulfúrico por litro de agua residual se logra bajar la alcalinidad por debajo de 200 mgCaCO₃/L, valor referido que debe tener el agua para abastecimiento.

En el Grafico 2 se presenta como ocurre la eliminación de la alcalinidad a la adición de las diferentes dosis del ácido sulfúrico.

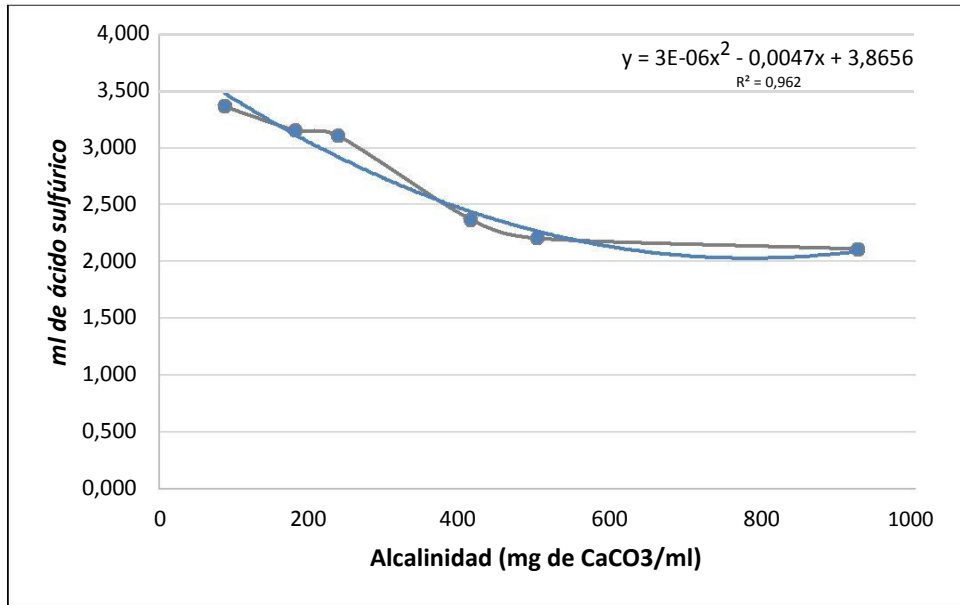


Gráfico 2. Resultados prueba de tratabilidad para eliminación de alcalinidad

Como se puede observar en el gráfico 2 existe una relación polinómica entre la alcalinidad y la dosis de ácido adicionado con un coeficiente de correlación de 0,962, con la función obtenida que relaciona eliminación alcalinidad y dosis de ácido se logró establecer que a una dosis de 30,5 ml de ácido sulfúrico por litro de agua residual se logra disminuir la alcalinidad a valores por debajo de 200 mgCaCO₃/L valor referido para el agua potable. Y el pH final del agua tratada permanece en el rango 6 a 9 como se exige en la normativa para los diferentes usos del agua.

En la tabla 9 se presentan los resultados de los tiempos de retención hidráulica que se deben asegurar para permitir la sedimentación del material suspendido generado durante las reacciones de precipitación que se presentan en la remoción de la dureza. Para realizar estas determinaciones la variable de estudio fue la turbiedad la cual es una medida del material suspendido presente en el agua residual.

Tabla 9.

Evaluación del tiempo de retención en el tratamiento de ablandamiento, a partir de una muestra con una turbiedad de 50 FTU (valor experimental obtenido de la realización del micropiloto)

Ensayo	Tiempos de retención			
	3 horas	6 horas	24 horas	30 horas
1	10	7	5	5
2	26	14	8	8
3	40	22	10	10
Promedio	25	14	8	8

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede apreciar que después de 24 horas de retenida la muestra de agua residual tratada el valor de la turbiedad permanece constante significado que no hay más sedimentación del material generado.

En el Grafico 3 se presenta como ocurre la eliminación de la turbiedad con diferentes tiempos de retención del agua residual después de la reacción de ablandamiento.

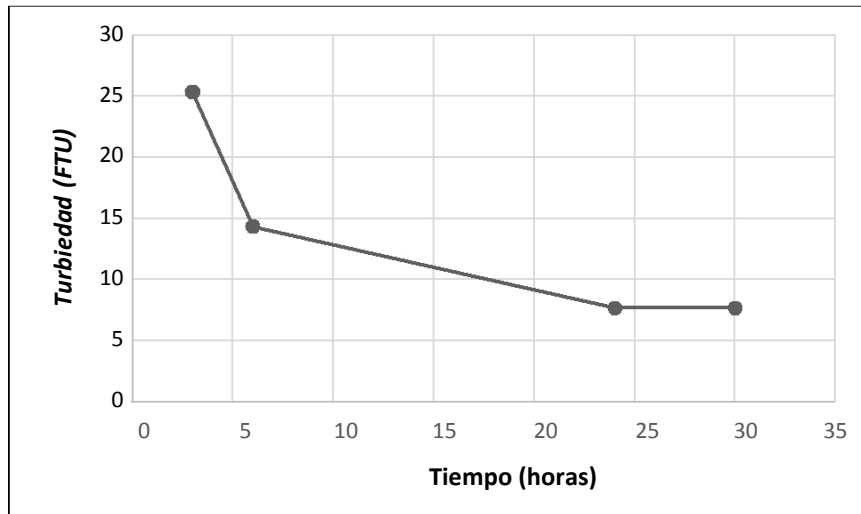


Grafico 3. Remoción de la turbiedad a diferentes tiempos de retención

En la tabla 10 se presentan los resultados del tiempo máximo de retención de los sólidos sedimentables en el dispositivo de tratamiento antes de que estos se endurecieran y no permitieran su descarga a través del ducto instalado para este fin. Para ello los sólidos sedimentables se monitoreaban cada 5 minutos mediante la utilización de una varilla de hierro.

Tabla 10.

Tiempos máximos de retención de los sólidos sedimentables.

Evaluaciones	Tiempo en el cual se presentaba el endurecimiento (min)
1	14
2	15
3	16
4	16
5	14
6	15
7	16
8	16
9	15
10	17
Promedio	15,4
CV (%)	6,27

De acuerdo con los resultados condensados en la tabla 10 se concluyó que los sólidos sedimentables deben ser retirados de la unidad de sedimentación antes de que transcurran los primeros 15 minutos con el fin de que la mezcla pueda fluir y ser retirada de la unidad de sedimentación a través del dispositivo de descarga.

En la tabla 11 se presentan los resultados del porcentaje de agua residual generada calculados en el micropiloto.

Tabla 11.

Porcentaje de agua residual generada en el vaciado de muros a partir de 150 Litros/m³ de muro

Evaluaciones	Agua utilizada	Agua Residual obtenida	Agua residual generada (%)
1	11	8,36	76
2		7,04	64
3		8,03	73
4		7,48	68
5		7,59	69
6		7,15	65
7		8,14	74
8		7,37	67
9		7,92	72
10		8,14	74
Promedio			7,72
CV (%)		5,92	5,94

De acuerdo con los resultados condensados en la tabla 11 se puede observar que la mayor cantidad de agua condensada en el proceso de vaciado queda en forma residual siendo importante establecer estrategias que permitan racionalizar su consumo permitiendo con ello una menor presión sobre el recurso y un menor tamaño de los sistemas de tratamiento para depurar las aguas residuales generadas.

En la tabla 12 se presentan los resultados de las caracterizaciones finales al agua proveniente del sistema de tratamiento piloto montado para la depuración de las aguas residuales generadas en el vaciado de muros y cuyas muestras fueron tomadas en el micropiloto montado en el laboratorio.

Tabla 12.

Características del agua residual sin tratar y tratada partir de una muestra obtenida de la realización del micropiloto.

	<i>pH(Un-pH)</i>	<i>Temperatura(°C)</i>	<i>DQO(ppm)</i>	<i>Turbidez(FTU)</i>	<i>Color Real(Un-Pt-Co)</i>	<i>Dureza(mgCaCO₃/L)</i>	<i>Alcalinidad(mgCaCO₃/L)</i>	<i>Sólidos Totales(ppm)</i>	<i>Sólidos Suspendedos(ppm)</i>
Agua sin tratar	12,45	22,5	260	50	155	4220	3389	4876	372
Ensayo 1	7,68	22,5	45	3	4	22	396	92	29
Ensayo 2	7,72	22,3	52	3	5	18	399	84	18
Ensayo 3	7,70	22,3	49	3	5	20	397	88	23
Promedio	7,70	22,4	49	3	5	20	397	88	23

En la tabla 13 y en el Grafico 4 se presentan los porcentajes de remoción obtenida para los diferentes parámetros evaluados en el piloto de planta de tratamiento

Tabla 13.

Porcentajes de remoción de los parámetros evaluados en la planta piloto de tratamiento de las aguas residuales provenientes del vaciado de muros.

Parámetro	Afluente	Efluente	Remoción (%)
DQO (ppm)	260	49	81,15
Turbidez (FTU)	50	3	94,00
Color(Unidades Pt-Co)	155	5	96,77
Dureza (mgCaCO3/L)	4220	20	99,53
Alcalinidad (mgCaCO3/L)	3389	397	88,29
Sólidos Totales (ppm)	4876	88	98,20
Sólidos Suspendidos (ppm)	372	23	93,82

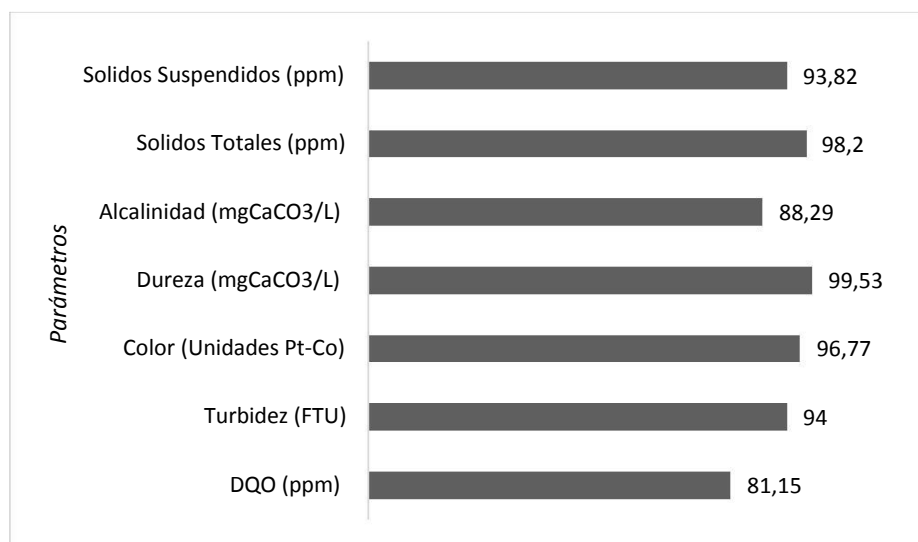


Grafico 4. Porcentajes de remoción de los parámetros evaluados en la planta piloto.

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 13 y en el Grafico 4 se puede apreciar que para un tiempo de retención de 24 horas se alcanzan valores de remoción superiores al 80% en la DQO y en los sólidos totales y suspendidos y un pH en el rango de 5 a 9 tal como lo exige la normativa ambiental vigente (Decreto 1594 del 1984).

Con referencia a la normativa que entrará en vigencia a partir del 1 de enero del 2016 las aguas residuales tratadas cumplen para el pH (valor promedio 7,7 y la normativa exige un pH en el rango 6 a 9), para la Temperatura (valor promedio 22,4 °C y la normativa exige una Temperatura menor a 40 °C), para la DQO (valor promedio 49 ppm y la normativa exige un valor menor a 150 ppm) y para sólidos suspendidos (valor promedio 23 ppm y la normativa exige un valor menor a 50 ppm). Adicionalmente el agua tratada presentó en algunos parámetros unos valores muy cercanos a lo que exige la norma Colombiana para agua potable (Resolución 2115 de 2007) un valor de Turbidez de 3 FTU Vs la norma de agua potable que exige un valor máximo de 2 FTU; un valor de Color real de 5 Und Vs la norma que exige un valor máximo de 15 Und; un valor de Dureza de 20 mgCaCO₃/L Vs la norma que exige un valor máximo de 300 mgCaCO₃/L; y un valor de alcalinidad de 397 mgCaCO₃/L Vs la norma que exige un valor de 200 mgCaCO₃/L.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten aceptar la hipótesis número 1 —Los procesos que se utilizan en el tratamiento de las aguas residuales domésticas no se pueden utilizar para las aguas residuales provenientes de la construcción del sector inmobiliario dado que las características de las aguas residuales no permiten la utilización de tratamientos biológicos lo que si sucede para el caso de las aguas residuales domesticas donde se utilizan tratamientos biológicos aeróbicos o anaeróbicos.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten aceptar la hipótesis número 2 —Un sistema de tratamiento para las aguas residuales provenientes de la construcción del sector inmobiliario basado en operaciones fisicoquímicas permite alcanzar los estándares de calidad exigidos por la normativa ambiental dado que la utilización de sedimentadores, tanques de precipitación química, de neutralización y filtración permitieron remover los contaminantes evaluados a valores por debajo de los máximos permisibles exigidos por la normativa ambiental vigente y próxima a emitirse.

Capítulo 4. Conclusiones y Recomendaciones

La presente investigación permitió determinar que se utilizan aproximadamente 150 L/m³ de muro vaciado de los cuales el 71% quedan en forma residual.

Las caracterizaciones de las aguas residuales provenientes del vaciado de muros permitieron determinar, que éstas presentan valores de pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y DQO por encima de lo que establece la norma para vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales.

Utilizando como referencia la norma de calidad de agua potable, las aguas residuales provenientes del vaciado de muros presentan valores altos de pH, conductividad eléctrica, turbiedad, color, dureza y alcalinidad.

Con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente para vertimientos puntuales y favorecer el reusó de las aguas provenientes del sector inmobiliario es necesario realizar un tratamiento a las aguas residuales generadas en este sector.

El tratamiento apropiado para las aguas residuales provenientes del sector inmobiliario involucra operaciones físicas y químicas y no biológicas, dada la alta presencia de carbonatos en las mismas.

El tratamiento adecuado para las aguas residuales provenientes del sector inmobiliario involucra un tratamiento primario (sedimentador), un tratamiento secundario (ablandamiento), un tratamiento terciario (neutralización y filtración).

La presente investigación permitió determinar un tiempo de retención máxima de 15 minutos en el sedimentador (para retirar solidos sedimentables), una dosis optima de 1,5 g de NaCO_3 /L de agua residual para el ablandamiento (tratamiento secundario), un tiempo mínimo de retención de 24 horas para permitir la sedimentación del material particulado generado en la reacción de ablandamiento y una dosis optima de 30,5 ml de ácido sulfúrico 0,5N /L de agua residual, para disminuir la alcalinidad a valores por debajo de 200 mgCaCO_3 /L valor referido al agua potable.

La planta piloto de tratamiento evaluada permitió una remoción del 81,15% de la DQO, el 88,29% de la alcalinidad, el 93,82% de los sólidos suspendidos, 94,00% de la turbidez, 96,77% del color, 98,20% de los sólidos totales y 99,53% de la dureza, permitiendo cumplir con lo exigido por la normativa ambiental vigente y por la próxima a emitirse.

Se recomiendan estudios posteriores encaminados a encontrar estrategias que permitan optimizar el consumo de agua en el sector inmobiliario.

Referencias

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). *Guía de manejo ambiental para el sector de la construcción*. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaria Distrital de Ambiente, mayo de 2010.

Área Metropolitana del valle de Aburra. (2009). *Manual de gestión socio-ambiental para obras en construcción*. Primera edición interinstitucional. 1 de diciembre de 2009. Medellín- Colombia.

Asocreto. *Colombia*. [s.f.] Disponible en internet:
<http://www.asocreto.org.co/Sitio2/#> Fecha de consulta 23 septiembre de 2014.

Argos. (2012). Hoja datos de seguridad. *Portland cement*, versión 03.

Alcaldía de Bogotá.
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16316>

ASEPMA. http://www.asepma.com/tratamientos_del_agua/aguas-grises
Consultado 26 febrero 2015.

CIMAD (2010). *Módulo manejo integrados del agua. Colombia*. Cap. 3. [s.n.]. [s.f.]. Universidad de Manizales.

CEMEX. *Hoja de seguridad de material. Grava caliza*. Dominicana. [s.f.]

Construmática. *Impactos ambientales en el sector de la construcción*. España. [En línea]. Consulta 22 septiembre 2014. Disponible en internet: http://www.construmatica.com/construpedia/Impactos_Ambientales_en_el_Sec_tor_de_la_Construcci%C3%B3n

COSENEMA. (2006). Conselho Estadual Do Meio Ambiente Resolução CONSEMA Nº 128 de 2006, —Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sull.

DANE. *Déficit de vivienda en Colombia, en base al censo de 2005* [en línea]. [Consulta 28 mayo 2014]. Disponible en internet: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&viw=article&id=473: deficit-de-vivienda-&catid=87: calidad-de-vida&Itemid=1

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, 2009. Resultados fase 1: Empalme de las series de mercado laboral, pobreza y desigualdad [en línea]. [Consulta 6 abril 2015]. Disponible en internet: http://www.dane.gov.co/files/noticias/Presentacion_pobreza_dane_DNP.pdf

_____. *Resultados fase 1: Empalme de las series de mercado laboral, pobreza y desigualdad* [en línea]. [Consulta 21 abril 2014]. Disponible en internet:http://www.dane.gov.co/files/noticias/Presentacion_pobreza_dane_DNP.pdf

_____. *Boletín de prensa: Indicadores económicos alrededor de la construcción III trimestre de 2009*. Bogotá, D.C. [en línea]. [Consulta 22 septiembre 2014]. Disponible en internet: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim12\(2\).pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim12(2).pdf)

_____. *Déficit de vivienda en Colombia, en base al censo de 2005* [en línea]. [Consulta 22 septiembre 2014]. Disponible en internet: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/Bol_deficit_vivienda.pdf

Edwards, B. (2013). *Guía básicos de la sostenibilidad*. 2a edición, 4a tirada. 2ª edición revisada y ampliada. Editorial Gustavo Gili S.A.

García, I. (1986). Tratamientos aeróbicos de aguas residuales. En: *Curso de actualización en biotecnología*. Manizales, octubre 1986. Memorias. 33 p.

Hernández M., A. (1994). *Tratamiento de aguas residuales, basuras y escombros en el ámbito rural*. Madrid: Editorial Agrícola Española, S.A.

Hoja de seguridad aceite lubricante usado. [s.n.]. [s.f.]

Hong Kong. (2012). Environmental protection department. *Laws & regulations*. Última revisión 22 de febrero de 2012. Resumen legislación ambiental. En: http://www.epd.gov.hk/epd/english/laws_regulations/envir_legislation/laws_overview.html. [Consultado 01 de agosto de 2012]

_____. (2011). Environmental protection department. *Laws & regulations*. Resumen legislación ambiental Legislación Ambiental para la Gestión de la Calidad del Agua al 15 de junio 2011. En: <http://www.legislation.gov.hk/>. [Consultado 01 de agosto de 2012]

_____. (2011). Environmental protection department. *Laws & regulations*.
Junio de 2011. Resumen legislación ambiental Modificación de la
Ordenanza de Control de la Contaminación del Agua. En:
<http://www.legislation.gov.hk/>. [Consultado 01 de agosto de 2012]

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC. Cambio climático,
2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y
III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de
Expertos sobre el Cambio Climático [en línea]. [Equipo de redacción
principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)].
IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs. [Consulta 22 abril 2009]. Disponible en
internet: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

International Union of Architects, IUA y American Institute of architects, AIA.,
citados por Ramírez, J. *Arquitectura sostenible* [en línea]. [Consulta 22
septiembre 2014]. Disponible en internet: http://sigiio.giobrasunal.com:8080/docs/construccion_sostenible/presentaciones/Arquitectura_Sostenible.Pdf

Londoño C., A. (2003). *Línea Profundización Ambiental 1*. Módulo Virtual.
Manizales: Universidad Nacional de Colombia. 150 p.

Leonard, A. (2010). *La historia de las cosas*. Fondo de Cultura Económica.

Lothar, M. (2007). *Tratamientos preliminares, Asesor en tratamiento de aguas residuales, profesor internacional de CEPIS y CIFCA, Sao Paulo Brasil*.

Oikos. (2014). *Cambio climático, sostenibilidad y edificios verdes*. Published:
Wednesday, 05 March 2014, Consulta 22 septiembre 2014. Disponible
en internet: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/oikos->

historico/numeros-antteriores/53-edificios-verdes?showall=1&limitstart

ONU-Habitad. (2010). Agua para el desarrollo sostenible de los asentamientos urbanos humanos, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos y Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Nota informativa. 8 p.

Organización Panamericana de la Salud. (2013). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima 2005. [En línea]. Consultado diciembre 2013. Se encuentra en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>.

República de Colombia. Decreto ley de 1974 por el cual se expide el código nacional de los recursos naturales.

República de Colombia. Decreto Nacional 1541 de 1978 por el cual se regula el uso de aguas no marítimas.

República de Colombia. Decreto 1594 de 1984, capítulo 1, artículo del 1 al 19.

República de Colombia. Decreto 1594 de 1984, artículos 73 y 74.

República de Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico. Resolución 1096 de 2000 RAS.

República de Colombia. Decreto 302 de 2000, Artículo 3.

República de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Abastecimiento de agua y alcantarillado en comunidades rurales en Colombia*. Bogotá D.C., 2006.

República de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico*. Bogotá D.C., 2010.

_____. (2007). Lineamientos de Política para el Control de la Contaminación Hídrica en Colombia - Evaluación Ambiental Estratégica. Bogotá D.C.

_____. (2010). Modelo de Gestión Integral del Recurso hídrico. 124 p.

_____. Decreto 3930 de 2010, artículo 38. Ministerio de desarrollo económico.

_____. Decreto 4728 de 2010. Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

_____. Decreto 3930/2010, artículo 43.

_____. Decreto 3930 de 2010, capítulo VI y VII de los vertimientos.

_____. Diciembre 01 de 2010, Concepto Jurídico No. 2037.

_____. Resolución N° 0631 de Marzo 2015.

Rodríguez Valencia, N. *Módulo manejo integral del agua*. Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. CIMAD. Universidad de Manizales.

Romero, B. (2003). *El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental* [en línea]. Boletín IIE. [Consulta 16 septiembre de 2014]. Disponible en internet: <http://www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf>

SENA. (2010). Procedimiento para muestreo de aguas dentro de la ciudadela tecnología los cerezos. Laboratorio de ciencias básicas, centro para la formación cafetera, servicio nacional de aprendizaje, Regional Caldas.

World Green Building Council (WorldGBC), 2008. Construction and WorldGBC to Collect Global Green Trends Data to Advance the Sharing of Green Information and Intelligence. McGraw- Hill. New York.

Standard methods for the examination of water and wastewater (1999). [Linea], consultado 20diciembre 2013. 20th Edi-tion. http://rapidshare.com/files/65046390/SMWW-StandardMethodsForTheExaminationOfWater_Wastewater-APHA_AWWA_20thEd-1999-EXE_.rar

Sierra, C. A. (2011). Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. pp. 83,59, 60, 85.

UNAL. (2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia, Volumen 15 - No. 1, Mayo de 2012, Medellín ISSN 0124.177X. pp. 105-118.

UNEP- SBCI. (2006). Sustainable Buildings and Construction Initiative. [En línea]. Information Note-2006. pp. 4. [Consulta 19 febrero 2014]. Disponible en internet: http://www.unepsbci.org/SBCI_2006.pdf

World Green Building Council (WorldGBC). (2008). Construction and WorldGBC to Collect Global Green Trends Data to Advance the Sharing of Green Information and Intelligence. New York: McGraw-Hill.

Zaragoza, A. et al. (2008). Cemento Hormigón. N° 915. 96 p. Madrid: Ediciones Cemento S.L.

360 grados en concreto. (2013). Tips sobre construcción. Formaletas para la construcción con sistemas industrializados. [En línea]. 09 octubre 2013. Fecha de consulta 23 septiembre de 2014. Disponible en internet: <http://360gradosblog.com/index.php/formaletas-para-la-construccion-con-sistemas-industrializados/> Universidad de Puerto Rico. <http://www.uprm.edu/manejodeaguas/> Consultado 26 de febrero de 2015)



A. Anexo 1. Hoja de datos de seguridad, Portland Cement (cement)

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

1. Identificación del Producto y de la Compañía

Nombre del material	Portland Cement (cement)
Versión #	03
La fecha de emisión	29-diciembre-2011
La fecha de revisión	30-octubre-2012
La fecha de la nueva versión	12-octubre-2012
# CAS	Mezcla
Uso del producto	El cemento se usa como aglutinante en el hormigón y morteros de amplio aplicación en la construcción.
Sinónimo(s)	Cemento, Cemento portland, Hydraulic Cement, Oil Well Cement, Trinity® White Cement, Antique White Cement, Portland Limestone Cement, * Portland Cement Type I, IA, IL, II, IIA, II L.A., III, IIIA, IV (intravenoso), IVA, V, VA, 10, 20, 30, 40, 50, GU, GUL, ms, MH, HE, LH, HS, OWH, OWG Cement, OWG Class G HSR
Fabricante/proveedor	Argos Cement 3015 Windward Plaza Drive Suite 300 Alpharetta, GA 30005 mheaton@argos-us.com Persona de contacto: Michael J. Heaton
Número de teléfono	(678)368-4300 (8 AM-4 PM EST)
Teléfono en caso de emergencia	3E Hotline 1-800-451-8346

2. Identificación de los Peligros

Estado físico	Sólido.
Apariencia	Polvo gris, blanco cremoso o blanco.
Descripción general para emergencias	ATENCIÓN El producto se vuelve alcalino en contacto con humedad. El contacto con el hormigón húmedo puede causar quemaduras de la piel y de los ojos. El polvo del material seco puede causar irritación y posiblemente quemaduras a los ojos y a las vías respiratorias.
Estado regulatorio OSHA	Este producto se considera peligroso de acuerdo con la 29 CFR 1910.1200 (Comunicación de Riesgos).
Efectos potenciales sobre la salud	
Vías de exposición	Inhalación. Ingestión. Contacto con la piel. Contacto con los ojos.
Ojos	El contacto puede provocar irritación o quemaduras oculares. El contacto con los ojos puede dar por resultado lesiones de la córnea.
Piel	El contacto puede provocar irritación o quemaduras cutáneas. Los síntomas pueden retrasarse. El producto puede contener cromatos, que pueden causar reacciones alérgicas de sensibilización cutánea. El contacto frecuente y prolongado puede desengrasar y secar la piel, que lleva a incomodidad y dermatitis.
Inhalación	La inhalación de polvo puede irritar el tracto respiratorio o causar quemaduras. Puede provocar cáncer si se inhala.
Ingestión	Irritante. Puede causar náuseas, dolor de estómago y vómito.
Órganos blanco	Ojos. Pulmones. Sistema respiratorio. Piel.
Efectos crónicos	El cemento puede contener trazas de sílice cristalina respirable y cromo hexavalente, los cuales están clasificados como carcinógenos para los seres humanos por el NTP y la IARC. Este

producto puede generar polvo respirable durante su uso y manejo. El polvo puede contener sílice

cristalina respirable. Una sobreexposición al polvo podría resultar en una neumoconiosis, una enfermedad respiratoria causada por inhalación de polvo mineral, que puede llevar a cambios fibróticos en el tejido del pulmón, o silicosis, una enfermedad respiratoria causada por inhalación de polvo de sílice, que puede causar la inflamación y fibrosis del tejido pulmonar. La exposición profesional a polvo respirable y sílice cristalina respirable se debe monitorear y controlar. Puede causar daños pulmonares retrasados.

Conjuntivitis. Daño a la córnea. Insuficiencia respiratoria. Tos. Malestar pectoral. Irritación de los ojos y las membranas mucosas. Irritación de la nariz y garganta. Irritación de la piel. Sarpullido. Sequedad de la piel.

Portland Cement (cement)

906197 Versión #: 03 La fecha de revisión: 30-octubre-2012 La fecha de emisión: 29-diciembre-2011

CPI MSDS NA

1 / 9

El producto no está clasificado como peligroso para el medio ambiente. No obstante, eso no excluye la posibilidad de que vertidos grandes o frecuentes puedan tener efectos nocivos o dañinos para el medio ambiente.

Señas y síntomas

Posibles efectos Ambientales

3. Composición / Información sobre los Ingredientes

Componentes	# CAS	Porcentaje
Cemento portland	65997-15-1	50-98
caliza, piedra	1317-65-3	0-15
Calcium sulfate dihydrate	13397-24-5	2-10
CAL (óxido de calcio)	1305-78-8	0-5
Óxido de magnesio	1309-48-4	0-4
Cuarzo	14808-60-7	0-0.2

Comentarios sobre la composición

Todas las concentraciones están indicados en porcentaje en peso a menos que el ingrediente sea un gas. Las concentraciones de gases están en porcentaje en volumen.

4. Medidas de Primeros Auxilios

Procedimientos de primeros auxilios

- Contacto ocular** Enjuague inmediatamente los ojos con agua. Quite las lentes de contacto y continúe enjuagando los ojos con agua corriente durante por lo menos 15 minutos. Mantenga los párpados separados para asegurar una profunda limpieza con agua de toda la superficie del ojo y de los párpados. Busque atención médica inmediata.
- Contacto cutáneo** Elimínelo lavando con mucha agua. Quitar ropa y zapatos contaminados. Lave a máquina las prendas contaminadas antes de volver a usarlas. En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.
- Inhalación** La inhalación del producto húmedo no es una vía previsible de exposición. Si se inhala polvo del material, trasladar a la persona afectada inmediatamente al aire fresco. Buscar atención médica si la irritación o los síntomas persisten.
- Ingestión** Nunca dé nada por la boca a una persona inconsciente. No inducir el vómito. Enjuagar la boca con agua y después beber abundante agua. Busque atención médica inmediata.

Notas para el médico

Proporcione las medidas de apoyo generales y de tratamiento sintomático. Las personas con una función pulmonar deficiente pueden ser más susceptibles a los efectos de este material.

5. Medidas para Combatir Incendios

Propiedades inflamables

Este producto no es inflamable ni combustible.

Medio para extinguir

Medios de extinción apropiados

Seleccione el medio de extinción más apropiado, teniendo en cuenta la posible presencia de otros químicos.

medios no adecuados de extinción

Ninguno.

Protección para bomberos

Equipo de protección y precauciones para bomberos

Use equipo de protección adecuado para materiales circundantes.

Equipos/instrucciones para la prevención de incendios

Ninguno.

6. Medidas de Liberación Accidental

Precauciones personales

Mantenga alejado al personal que no sea necesario. Use equipo y ropa de protección apropiados durante la limpieza. Evite la inhalación del polvo del material derramado. Usar un respirador aprobado por NIOSH/MSHA si existe riesgo de exposición al polvo en niveles que excedan los límites de exposición establecidos. No toque los recipientes dañados o el material derramado a menos que esté usando ropa protectora adecuada.

Precauciones relativas al medio ambiente

Evitar nuevas fugas o vertidos si puede hacerse sin riesgo.

Métodos de contención

Detenga el flujo de material si esto no entraña riesgos. Si es necesario barrer el área contaminada, use un agente supresor de polvo que no reaccione con el producto. Evite su entrada en vías fluviales, sistemas de drenaje, sótanos o áreas cerradas.

Métodos de limpieza

En caso de derrames secos, use una aspiradora HEPA (de aire con filtro de partículas de alta eficiencia) para recoger el material y colóquelo en un recipiente sellable para su eliminación posterior. Evite la formación de polvo. En caso de derrames húmedos, absorba con tierra o arena seca o algún otro material incombustible y transfiera a recipientes para su eliminación posterior. Neutralice el área del derrame. Use materiales resistentes a las propiedades potencialmente corrosivas de este producto. Evite que entre agua en los recipientes.

Otras informaciones

Limpiar en consonancia con los reglamentos aplicables.

7. Manejo y Almacenamiento**Manejo**

Use equipo de protección personal. Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia. Minimice la generación y acumulación de polvo. No respire el polvo. Evite el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Evitar la exposición prolongada. Úsese solamente con la ventilación adecuada. Lávese cuidadosamente después de la manipulación. Consulte la sección 8 de la HDS sobre equipo de protección personal.

Almacenamiento

Conserve el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Evite el contacto con el agua y la humedad. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. Manténgase fuera del alcance de los niños.

8. Controles de Exposición y Protección Personal**Límite(s) de exposición ocupacional****EEUU. Valores Umbrales ACGIH**

Componentes	Tipo	Valor	Forma
CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)	TWA	2 mg/m ³	
Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)	TWA	10 mg/m ³	Fracción inhalable.
Cemento portland (CAS 65997-15-1)	TWA	1 mg/m ³	Fracción respirable.
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	TWA	0.025 mg/m ³	Fracción respirable.
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)	TWA	10 mg/m ³	Fracción inhalable.

EEUU. OSHA Tabla Z-3 (29 CFR 1910.1000)

Componentes	Tipo	Valor	Forma
Cemento portland (CAS 65997-15-1)	TWA	50 mppcf	
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	TWA	0.3 mg/m ³ 0.1 mg/m ³ 2.4 mppcf	Polvo total. Respirable. Respirable.

OSHA de USA - Tabla Z-1 - Límites para los contaminantes del aire (29 CFR 1910.1000)

Componentes	Tipo	Valor	Forma
CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)	Límite de Exposición Permisible (LEP)	5 mg/m ³	
Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)	Límite de Exposición Permisible (LEP)	5 mg/m ³	Fracción respirable.
caliza, piedra (CAS 1317-65-3)	Límite de Exposición Permisible (LEP)	15 mg/m ³ 5 mg/m ³	Polvo total. Fracción respirable.
Cemento portland (CAS 65997-15-1)	Límite de Exposición Permisible (LEP)	15 mg/m ³ 5 mg/m ³	Polvo total. Fracción respirable.
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)	Límite de Exposición Permisible (LEP)	15 mg/m ³ 15 mg/m ³	Polvo total. Partículas totales.

Canadá. OEL regulados por Alberta. (Código de Salud y Seguridad Ocupacional, anexo 1, tabla 2)

Componentes	Tipo	Valor	Forma
CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)	TWA	2 mg/m3	
Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)	TWA	10 mg/m3	
caliza, piedra (CAS 1317-65-3)	TWA	10 mg/m3	
Cemento portland (CAS 65997-15-1)	TWA	10 mg/m3	
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	TWA	0.025 mg/m3	Partículas respirables.
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)	TWA	10 mg/m3	Humo.

Canadá. OEL regulados por Columbia Británica. (Límite de de Exposición Ocupacional para Sustancias Químicas, Regulación de Salud y Seguridad Ocupacional 296/97, según su enmienda)

Componentes	Tipo	Valor	Forma
CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)	TWA	2 mg/m3	
Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)	STEL	20 mg/m3	Polvo total.
caliza, piedra (CAS 1317-65-3)	TWA	10 mg/m3	Inhalable
	STEL	20 mg/m3	Polvo total.
Cemento portland (CAS 65997-15-1)	TWA	3 mg/m3	Fracción respirable.
		10 mg/m3	Polvo total.
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	TWA	0.025 mg/m3	Fracción respirable.
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)	STEL	10 mg/m3	Polvo y/o humo respirable.
	TWA	3 mg/m3	Polvo y/o humo respirable.
		10 mg/m3	Humo inhalable.

Canadá. Ontario OEL. (Control de la exposición de agentes biológicos y químicos)

Componentes	Tipo	Valor	Forma
CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)	TWA	2 mg/m3	
Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)	TWA	10 mg/m3	Fracción inhalable.
Cemento portland (CAS 65997-15-1)	TWA	10 mg/m3	
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	TWA	0.1 mg/m3	Respirable.
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)	TWA	10 mg/m3	Fracción inhalable.

Canadá. OEL regulados por Québec. (Ministerio de Asuntos Laborales - Regulación sobre la Calidad del Ambiente Laboral)

Componentes	Tipo	Valor	Forma
CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)	TWA	2 mg/m3	
Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)	TWA	5 mg/m3	Polvo respirable.
		10 mg/m3	Polvo total.
caliza, piedra (CAS 1317-65-3)	TWA	10 mg/m3	Polvo total.
		10 mg/m3	Polvo total.
Cemento portland (CAS 65997-15-1)	TWA	5 mg/m3	Polvo respirable.
		10 mg/m3	Polvo total.
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	TWA	0.1 mg/m3	Polvo respirable.

Canadá. OEL regulados por Québec. (Ministerio de Asuntos Laborales - Regulación sobre la Calidad del Ambiente Laboral)

Componentes	Tipo	Valor	Forma
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)	TWA	10 mg/m ³	Humo.

México. Valores límite de exposición ocupacional

Componentes	Tipo	Valor	Forma
CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)	TWA	2 mg/m ³	
Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)	TWA	10 mg/m ³	
caliza, piedra (CAS 1317-65-3)	STEL	20 mg/m ³	
	TWA	10 mg/m ³	
Cemento portland (CAS 65997-15-1)	STEL	20 mg/m ³	
	TWA	10 mg/m ³	
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	TWA	0.1 mg/m ³	
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)	TWA	10 mg/m ³	Humo.

Directrices de exposición

La exposición ocupacional a polvo dañino (total y respirable) y a sílice cristalina respirable deber ser observada y controlada.

Controles de ingeniería

Aísle el proceso, use ventilación mecánica local o cualquier método de ingeniería de control para mantener los niveles en el aire por debajo de los límites de exposición recomendados. La ventilación debe ser suficiente para eliminar y evitar de manera efectiva la acumulación del polvo o las emanaciones que se puedan generar durante la manipulación o el procesamiento térmico. Si las medidas de ingeniería no bastan para mantener la concentración de partículas de polvo por debajo del OEL (límite de exposición ocupacional), deberá llevarse protección respiratoria adecuada. Si el material se esmerila, corta o usa en una operación que pueda generar polvo, cuente con ventilación apropiada con escape local para mantener la exposición por debajo de los límites de exposición recomendados.

Equipo de protección personal

Protección para ojos y rostro Use lentes de seguridad con protectores laterales o gafas protectoras en situaciones en las que haya riesgo de exposición a salpicaduras o soplos de productos de cemento. Use gafas protectoras sin ventilación o con ventilación indirecta en entornos extremadamente polvorientos o imprevisibles. No deberán usarse lentes de contacto cuando se trabaja con cemento o productos de cemento.

Protección cutánea Es imprescindible usar prevención para evitar lesiones potencialmente severas a la piel. Evite el contacto con productos de cemento Portland húmedos no endurecidos. En caso de contacto, lave inmediatamente el área afectada con agua y jabón. Cuando haya riesgo de una exposición prolongada a productos de cemento Portland no endurecidos, debe llevarse indumentaria y guantes impermeables para evitar el contacto con la piel. Lleve botas robustas e impermeables al agua y evite la exposición al pie y tobillo. No se fie de las cremas protectoras; No deberán emplearse las cremas protectoras en lugar de guantes.

Protección respiratoria Evite las actividades que causen que el polvo se disperse en el aire. Use ventilación local o general para asegurar que la exposición se mantiene por debajo de los límites de exposición aplicables. Use respiradores aprobados por NIOSH/MSHA (30 CFR 11) o por NIOSH (42 CFR 84) en áreas con pobre ventilación, o cuando se sobrepase un límite de exposición aplicable, o cuando el polvo cause irritación o malestar.

Consideraciones generales sobre higiene Lave periódicamente las zonas que hayan estado en contacto con productos de cemento húmedos o secos con jabón de pH neutro. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. Lávese de nuevo al terminar el trabajo. En caso de que la ropa se impregne de productos de cemento húmedos, deberá quitársela y sustituirla con ropa limpia y seca.

9. Propiedades Físicas y Químicas

Apariencia	Polvo gris, blanco cremoso o blanco.
Estado físico	Sólido.
Forma	Sólido.
Color	Gris, blanco cremoso y blanco.
Olor	Inodoro.
Umbral olfativo	No se conoce.

pH	12 - 13 En agua.
Presión de vapor	No se conoce.
Densidad de vapor	No se conoce.
Punto de ebullición	> 1000 °C (> 1832
Punto de fusión/congelación	°F) No se conoce.
Solubilidad (agua)	Ligero (0,1-1%)
Gravedad específica	3.15
Punto de inflamación	No se conoce.
Límite superior de inflamabilidad en el aire, % en volumen	No se conoce.
Límite inferior de inflamabilidad en el aire, % en volumen	No se conoce.
Temperatura de auto-inflamación	No se conoce.

10. Información sobre Estabilidad Química y Reactividad

Estabilidad química	El producto es estable en las condiciones normales de uso, almacenamiento y transporte.
Condiciones que deben evitarse	Contacto con materiales incompatibles. La exposición a humedad puede afectar la calidad del producto.
Materiales incompatibles	El material húmedo es alcalino y reacciona con ácidos, sales de amonio, aluminio y otros metales reactivos. El ácido fluorhídrico ataca el material endurecido liberando vapores tóxicos de tetrafluoruro de silicio.
Productos de descomposición peligrosos	No se espera en condiciones normales de uso.
Posibilidad de reacciones peligrosas	Reacciona con materiales incompatibles.

11. Información toxicológica

Sensibilización	El producto puede contener cromatos que pueden provocar una reacción alérgica de sensibilización de la piel.
Efectos graves	El producto se vuelve alcalino en contacto con humedad. El contacto con el hormigón húmedo puede causar quemaduras de la piel y de los ojos. El polvo del material seco puede causar irritación y posiblemente quemaduras a los ojos y a las vías respiratorias. Los síntomas pueden ser retardados.
Efectos crónicos	La sílice cristalina respirable (cuarzo) puede causar silicosis, una fibrosis pulmonar (cicatrización). Algunos estudios han demostrado una gran incidencia de casos de esclerodermia, trastornos de los tejidos conectivos, lupus, artritis reumatoide, enfermedades renales crónicas y terminales en trabajadores expuestos a sílice cristalina respirable. La exposición profesional a polvo respirable y sílice cristalina respirable se debe monitorear y controlar. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir irritación o dermatitis severa. La inhalación de polvo puede causar edema pulmonar. Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
Carcinogenicidad	El cemento puede contener trazas de sílice cristalina respirable y cromo hexavalente, los cuales están clasificados como carcinógenos para los seres humanos por el NTP y la IARC.

ACGIH - Carcinógenos

Cemento portland (CAS 65997-15-1)	A4 No clasificable como carcinogénico humano.
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	A2 Agente carcinogénico humano sospechado.
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)	A4 No clasificable como carcinogénico humano.

Monografías del IARC. Evaluación general de la carcinogenicidad

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)	1 Carcinógeno para los seres humanos.
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	1 Carcinógeno para los seres humanos.

EE.UU. NTP Informe sobre carcinógenos: Cancerígeno conocido

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)	Cancerígeno humano conocido.
Cuarzo (CAS 14808-60-7)	Cancerígeno humano conocido.

EEUU. OSHA Sustancias específicamente reguladas (29 CFR 1910.1001-1050)

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)	Peligro cancerígeno.
---	----------------------

12. Información Ecológica

Datos ecotoxicológicos

Producto	Especies	Resultados de la prueba	
Portland Cement (cement) (CAS Mezcla)			
Acuático/ a			
Crustáceos	EC50	Dafnia	350 mg/l, 48 horas, estimado
Componentes	Especies	Resultados de la prueba	

Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)

Acuático/ a			
Pez	LC50	piscardo de cabeza gorda (pimephales > 1970 mg/l, 96 horas promelas)	
Ecotoxicidad	No está disponible.		
Efectos sobre el medio ambiente	No se puede excluir un peligro para el medio ambiente en el caso de una manipulación o eliminación no profesional. No está disponible.		
Persistencia y degradabilidad	No se conoce.		
Bioacumulación / Acumulación	No se conoce.		

13. Consideraciones de Eliminación

Instrucciones para la eliminación	Elimínese conforme a lo dispuesto en las reglamentaciones federales, estatales y locales. Los recipientes vacíos pueden contener residuos del producto. No elimine el desecho en el alcantarillado. Elimínese este material y su recipiente como residuos peligrosos.
Desechos/Producto no Utilizado	No aplicable.

14. Información relativa al transporte

DOT

No está regulado como material peligroso por el DOT.

IATA

No está clasificado como producto peligroso.

IMDG

No está clasificado como producto peligroso.

TDG

No está clasificado como producto peligroso.

15. Información sobre la reglamentación

Reglamentos federales de EE.UU. Este producto es calificado como "químicamente peligroso" según el Estándar de Comunicación de Riesgos de la OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.

Todos sus compuestos están en la Lista de inventario de la EPA TSCA de los EE.UU.

TSCA Section 12(b) Export Notification (40 CFR 707, Subapartado D) (Notificación de exportación)

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -) 0.1 % Se requiere notificación de exportación anual.

Ley de Aire Limpio (CAA), sección 112, lista de contaminantes peligrosos del aire (CPA)

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)

EE.UU EPCRA (SARA Título III) Sección 313 - Químico tóxico: Concentración de minimis

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -) 0.1 % N090

Cantidad reportable (lb) según CERCLA (Superfund) (40 CFR 302.4)

Ninguno/Ninguna

Ley de Enmiendas y Reautorizaciones Superiores (Superfund) de 1986 (en inglés, SARA)

Categorías de peligro	Peligro inmediato - Si Peligro Retrasado: - Si Riesgo de Ignición - No Peligro de Presión: - No Riesgo de Reactividad - No
------------------------------	--

Section 302 Extremely Hazardous Substances (40 CFR 355, Apéndice A) (Sustancias extremadamente peligrosas):

No

Sección 311/312 (40 CFR 370)

No

La Administración de Drogas y Alimentos (FDA) (21 CFR 1308,11-15)

No controlado

Regulaciones canadienses

Este producto ha sido clasificado de acuerdo con los criterios de peligro del CPR y la HDS contiene toda la información requerida por el CPR.

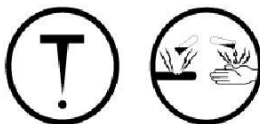
Estado del Sistema de Información de Materiales Peligrosos en el Lugar de Trabajo (en inglés, WHMIS)

Controlado

Clasificación de la WHMIS

D2A - Otros efectos tóxicos -MUY TÓXICO
E - Corrosivo

Etiquetado WHMIS



Estado de Inventario

País(es) o región	Nombre del inventario	Listado (si/no)*
Australia	Inventario de Sustancias Químicas de Australia (AICS)	Si
Canadá	Lista de Sustancias Nacionales (DSL)	No
Canadá	Lista de Sustancias No Nacionales (NDSL)	Si
China	Inventario de sustancias químicas existentes en China (Inventory of Existing Chemical Substances in China)	Si
Europa	Inventario europeo de sustancias químicas comerciales (EINECS)	Si
Europa	Lista europea de sustancias químicas notificadas (ELINCS)	No
Japón	Inventario de sustancias químicas nuevas y existentes (Inventory of Existing and New Chemical Substances, ENCS)	No
Corea	Lista de sustancias químicas existentes (Existing Chemicals List, ECL)	Si
Nueva Zelanda	Inventario de Nueva Zelanda	Si
Filipinas	Inventario de Sustancias Químicas de Filipinas (PICCS)	No
Estados Unidos y Puerto Rico	Inventario de la Ley del Control de Sustancias Tóxicas (en inglés, TSCA)	Si

*"Sí" indica que este producto cumple con los requisitos del inventario administrado por el(los) país(es) responsable(s)

Normativas estatales

ADVERTENCIA: este producto puede contener una sustancia química que el Estado de California determinó que provoca cáncer, defectos de nacimiento y otras lesiones en la función reproductora.

EE.UU - California Sustancias peligrosas (preparado por el director): Sustancia listada

CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8) Listado.
Compuestos de cromo hexavalente (CAS -) Listado.
Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4) Listado.

EE.UU. - Proposición 65 de California - Carcinógenos y toxicidad reproductiva (CTR): Sustancia listada

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -) Listado.
Cuarzo (CAS 14808-60-7) Listado.

EE.UU. - Proposición 65 de California - CTR: Fecha de listado/Sustancia carcinógena

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -) Listado: 27 de febrero de 1987 Carcinogénico.
Cuarzo (CAS 14808-60-7) Listado: 1 de octubre de 1988 Carcinogénico.

EE.UU. - Proposición 65 de California - CTR: Fecha de listado/Tóxico para el desarrollo

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -) Listado: 19 de diciembre de 2008 Tóxico para el desarrollo.

EE.UU. - Proposición 65 de California - CTR: Fecha de listado/Tóxico para el sistema reproductor femenino

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)

Listado: 19 de diciembre de 2008 Tóxico para el sistema reproductor femenino.

EE.UU. - Proposición 65 de California - CTR: Fecha de listado/Tóxico para el sistema reproductor masculino

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)

Listado: 19 de diciembre de 2008 Tóxico para el sistema reproductor masculino.

EE.UU - New Jersey RTK - Sustancia: Sustancia listada

CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)

Listado.

Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)

Listado.

caliza, piedra (CAS 1317-65-3)

Listado.

Cemento portland (CAS 65997-15-1)

Listado.

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)

Listado.

Cuarzo (CAS 14808-60-7)

Listado.

Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)

Listado.

EE.UU - Pennsylvania RTK - Sustancias peligrosas: Peligro especial

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)

Peligro especial.

Derecho a la información de Massachusetts – Lista de sustancias

CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)

Listado.

Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)

Listado.

caliza, piedra (CAS 1317-65-3)

Listado.

Cemento portland (CAS 65997-15-1)

Listado.

Cuarzo (CAS 14808-60-7)

Listado.

Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)

Listado.

Ley del derecho a la información de los trabajadores y la comunidad de Nueva Jersey, EUA

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)

500 LBS

Derecho a la información de Pennsylvania, EUA – Sustancias peligrosas

CAL (óxido de calcio) (CAS 1305-78-8)

Listado.

Calcium sulfate dihydrate (CAS 13397-24-5)

Listado.

caliza, piedra (CAS 1317-65-3)

Listado.

Cemento portland (CAS 65997-15-1)

Listado.

Compuestos de cromo hexavalente (CAS -)

Listado.

Cuarzo (CAS 14808-60-7)

Listado.

Óxido de magnesio (CAS 1309-48-4)

Listado.

16. Otra Información**Información adicional**

Una clasificación HMIS® de los peligros de salud provista de * indica un peligro crónico.

categoría HMIS®

Salud: 3*

Inflamabilidad: 0

Factor de riesgo físico: 1

Clasificación según NFPA

Salud: 3

Inflamabilidad: 0

Inestabilidad: 1

Cláusula de exención de responsabilidad

La información de esta hoja se ha redactado basándose en el estado actual de conocimiento y experiencia disponible.



B. Anexo 2. Hoja de Seguridad de Material, Grava Caliza.



Hoja de Seguridad de Material

Sección 1: Información del producto y la compañía

Nombre del producto: Grava Caliza.

Productos identificados: Caliza, Dolomita, Dolomía, Roca de Carbonato, Carbonato de Calcio, piedra triturada, roca triturada, Grava triturada.

Productor: CEMEX Dominicana, Minas de Agregados Bainsa

Zona de explotación: El Pomier, San Cristóbal.

Número de información y Servicio al Cliente: 809-472-3639.

Uso Del Producto: La Caliza se usa en la fabricación de ladrillos, cemento, hormigón, materiales para pavimentos y otras aplicaciones de la construcción.


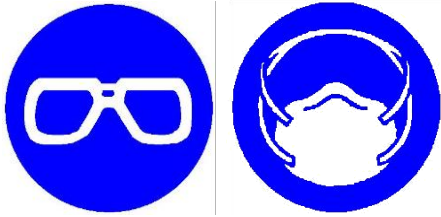
Notas: Este MSDS abarca muchos tipos de Caliza. Composiciones individuales de constituyentes peligrosos van a variar entre los tipos de Caliza.

Sección 2: Información de componentes.

Componentes	Por ciento por peso	Num. CAS	OSHA PEL-TWA	ACGIH TLV- TWA (mg/m ³)	LD ₅₀	LC ₅₀
Carbonato de Calcio*	50-100	1317-65-3	15 (t), 5 (R)	10 (T)	NA	NA
Carbonato de Magnesio*	0-50	546-93-0	15 (T)	10 (T)	NA	NA
Cristales de Silicio (en forma de cuarzo)	0- 15	14808-60-7	[(10)/(%SiO ₂ +2)](R); [(30)/(%SiO ₂ +2)](T).	0.025(R)	NA	NA
Partículas no reglamentadasde otro modo	-	NA	5 (R) 15 (T)	3 (R) 10 (T)	NA	NA

Nota: Los límites de exposición para los componentes marcados con un * no contienen asbestos y < 1% de cristales de sílice.

Sección 3: Identificaciones de Peligros

	ADVERTENCIA	
	<p>Tóxico- Dañino por inhalación (Contiene Sílice Cristalina).</p> <p>Use los controles adecuados de ingeniería, prácticas de operativas y equipo de protección personal para prevenir la exposición al polvo.</p> <p>Lea el MSDS para detalles.</p>	

Descripción:

La Caliza es una partícula sólida inodora, angular, de color gris, blanco o canela, que varía de tamaño.

Efectos potenciales en la salud:

1. Contactos con los ojos:

El polvo transportado por el aire puede causar irritación inmediata o retardada e inflamación. Requiere inmediata atención de primeros auxilios y atención médica.

2. Contacto con la piel:

La Caliza puede causar resequedad en la piel, abrasiones, molestias e irritación.

3. Inhalación:

a) Aguda: Inhalar el polvo puede causar irritación de la nariz, garganta y pulmón, incluyendo ahogamiento, dependiendo del nivel de exposición.

b) Crónica: Riesgo de lesión dependiendo de la duración o nivel de exposición.

Este producto contiene Sílice Cristalina. Inhalaciones prolongadas o repetidas de Sílice Cristalina respirable de este producto puede causar Silicosis.

Cancerinosidad: La Sílice Cristalina está en lista de materiales cancerígenos por IARC.

4. Ingestión:

No ingiera Caliza. Aunque la ingestión de pequeñas cantidades de Caliza no se conoce como peligrosa, la ingestión de largas cantidades de Caliza puede tener efectos intestinales fuertes.

5. Condiciones médicas agravadas por exposición:

Individuos con enfermedades de pulmón (Bronquitis, Enfisema, enfermedades pulmones) puede ser agravado por la exposición.

Sección 4: Medidas de Primeros Auxilios.

1. Contacto con los ojos:

Lave profundamente con agua, por lo menos durante 15 minutos, incluyendo debajo del párpado para remover todas las partículas.

Busque atención médica para casos de abrasión.

2. Contacto con la piel:

Lave con agua y jabón de pH neutro o detergente suave para la piel.

Busque atención médica en caso de erupción o irritación.

3. Inhalación:

Mueva a la persona a un lugar donde haya aire fresco.

Busque atención médica especializada si hay molestias o tos.

4. Ingestión:

No induzca al vómito. Si la víctima está consciente, haga que la persona beba mucha agua.

Busque atención médica especializada inmediatamente.

Sección 5: Medidas contra Incendios

Punto de inflamación y métodos: No es combustible.

Peligros generales: Evite respirar el polvo.

Medio de extinción: Use el medio apropiado de extinción para fuegos circundante.

Equipo contra incendio: La Caliza no posee peligro relacionado con el fuego. Se recomienda usar un aparato respiratorio autónomo para limitar las exposiciones

Productos de la combustión: La Caliza se descompone a 825° C, produciendo óxido de Calcio y óxido de Magnesio.

Sección 6: Medidas en caso de Accidentes

General:

Coloque el material derramado en un contenedor.

Evite acciones que causen levantamiento de polvo al aire.

Evite inhalación y contacto con la piel.

Utilice el equipo de protección apropiado descrito en la sección 8.

No verter la Caliza hacia el alcantarillado, área verde o cualquier cuerpo de agua.

Métodos de deshecho:

Deseche la Caliza de acuerdo a las regulaciones Municipales y Nacionales.

Sección 7: Manejo y Almacenamiento.

General:

Apilar el material en bolsas de manera segura para evitar caídas.

Maneje con cuidado y utilice las medidas de control apropiadas.

Para prevenir enterramiento o sofocamientos, no entre a espacios confinados, como silos, tolvas, camiones de transporte a granel y otros contenedores que sean utilizados para almacenar o contener Caliza. El polvo puede acumularse o adherirse a las paredes en espacios

confinados. El polvo puede soltarse, colapsarse o caerse inesperadamente.

No pararse encima de las pilas de caliza, podrían ser inestables.

Usar controles técnicos para que el viento no levante el polvo de las pilas. La descarga estática puede causar daños a los equipos y a los trabajadores.

Uso:

Cortar, triturar o moler caliza, liberarán Sílice Cristalina respirable.

Utilice las medidas de control apropiadas.

Almacenamiento:

Evite acciones que cause que el levantamiento de polvo al aire durante una limpieza, como barridos o el uso de compresores de aire. Moje profundamente para limpiar el polvo.

Utilice los EPP descritos en la sección 8.

Temperatura de almacenamiento: Ilimitada

Presión de almacenamiento: Ilimitada

Vestimenta:

Quitar y lavar inmediatamente la ropa polvorienta antes de volver a usarla.

Advertencia:

La Sílice Cristalina existe en varias formas, la más común de ellas es el Cuarzo. La Sílice Cristalina se calienta a más de 870° C, puede transformarse en una forma de Sílice Cristalina conocida como Tridimita y si la Sílice Cristalina se calienta a más de 1470° C, puede transformarse en una forma de Sílice Cristalina conocida como cristobalita. La Sílice Cristalina en forma de Tridimita y Cristobalita es más fibrogénica que la Sílice Cristalina en forma de Cuarzo. El límite de exposición permisible (PEL) de OSHA de la Sílice Cristalina en forma de Tridimita y Cristobalita es la mitad de la exposición de la Sílice Cristalina en forma de Cuarzo; el valor límite umbral (TLV) de ACGIH

de la Sílice Cristalina en forma de Tridimita y Cristobalita es de 0.05 mg/m³.

Sección 8: Controles de Exposición y Protección Personal

Controles de ingeniería:

Utilice el extractor local o la ventilación apropiada u otros métodos para mantener niveles de polvo debajo de los límites de la exposición.

Equipos de protección personal (EPP):

1. Protección respiratoria:

Bajo condiciones ordinarias no se requieren protección respiratoria. En caso de ser necesario utilice un respirador adecuado (polvo) que encaje apropiadamente y esté en buenas condiciones cuando esté expuesto a los límites de polvo.

2. Protección para ojos:

Utilice lentes de seguridad aprobados por ANSI cuando maneje polvo para prevenir contacto con los ojos. No es recomendable utilizar lentes de contacto cuando se esté manejando Caliza, en condiciones polvorientas.

3. Protección para la piel:

Utilice guantes en situaciones que puedan generar la formación de abrasiones por Caliza.

Remueva la ropa y los EPP que estén polvorientos antes de volver a usarlos.

Sección 9: Propiedades Físico-Químicas

Estado físico	Sólido	Tasa de evaporación	NA
Apariencia	Variedad de colores	pH	Neutro
Olor	Ninguno	Punto de ebullición	>1000°C

Presión de vapor	NA	Punto de congelación	Ninguno, sólido
Densidad de vapor	NA	Viscosidad	Ninguno, sólido
Peso específico	2.6 – 2.8	Solubilidad en agua	Insoluble

La siguiente tabla describe la composición mineral de la Caliza y la Dolomita:

Tipo de roca	Roca	Mineral	Fórmula mineral	Fórmula mineral
Rocas sedimentarias	Caliza	Calcita y Aragonita	CaCO ₃	Carbonato de Calcio
		Minerales Arcillosos	(Mg, Al) Si ₃ O ₁₂	Silicato de Aluminio-Magnesio
		Horsteno o Diatomita	SiO ₂	Dióxido de silicio
	Dolomita (Dolomía)	Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂	Carbonato de magnesio-calcio
		Minerales Arcillosos	(Mg, Al) Si ₃ O ₁₂	Silicato de Aluminio-Magnesio
		Horsteno o Diatomita	SiO ₂	Dióxido de silicio

Contenido en Sílice Cristalina: Tipos sedimentarios 1-20%; Cuarzo 100%

Sección 10: Estabilidad y Reactividad

1. Estabilidad:

Estable. Evitar contacto con materiales incompatibles.

2. Incompatibilidad:

La Caliza se disuelve en Ácido Fluorhídrico, produciendo Tetrafluoruro de Silicio gaseoso corrosivo. Los Silicatos pueden reaccionar con oxidantes poderosos, como Fluoruros, Trifluoruros de Boro, Trifluoruro de Cloro y Trifluoruro de Manganeso y Difluoruro de Oxígeno.

3. Polimerización peligrosa: Ninguna.

4. Descomposición peligrosa:

La Caliza se descompone a 825° C, produciendo Óxido de Calcio y Oxido de Magnesio.

Sección 11 y 12: Información Toxicológica y Ecológica

Para preguntas sobre información toxicológica y ecológica ver información del contacto, sección 1.

Sección 13: Consideraciones de Disposición

La disposición de desecho y contenedores se rige por las regulaciones Municipales y Nacionales.

Sección 14: Información de Transporte

Este producto no está clasificado como material peligroso bajo las regulaciones U.S. DOT y leyes o regulaciones nacionales (SEMARENA) en ley 6400, en la actualidad en República Dominicana se está creando un "Listado nacional de sustancia y residuos peligrosos" basados en las regulaciones de U.S DOT.

Sección 15: Información Reglamentaria.

Comunicación de Peligro de OSHA/MSHA:

Este producto es considerado por OSHA/MSHA como material químico peligroso y debe estar incluido en los programas de comunicados de peligros del empleado.

Sección 16: Información Adicional

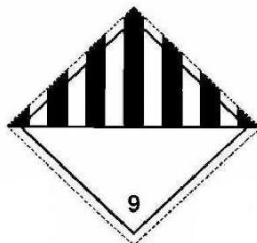
Abreviaturas y términos:

No. CAS	Número de servicio Químico Abstracto	OSHA	Administración de Salud y Seguridad Ocupacional
ANSI	Instituto Nacional Norteamericano de Estándares	PEL	Límite de exposición permisible
DOT	Departamento Norteamericano de Transportación	EPP	Equipo de protección personal
IARC	Agencia Internacional para la Investigación contra el Cáncer	T	Partículas totales
LC ₅₀	Concentración letal	TLV	Valor límite de umbral
LD ₅₀	Dosis letal	TWA	Concentración media ponderada en el tiempo(jornada de 8 HR)
R	Partículas respirables	MSHA	Administración de la Seguridad y de la Salud de la Mina
NA	No aplica		
SEMARENA	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales		

C. Anexo 3. Hoja de datos de seguridad aceite lubricante usado.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

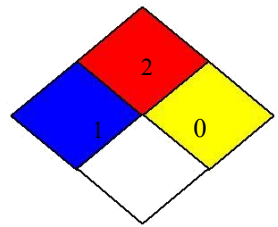
ACEITE LUBRICANTE USADO N° 1



1. IDENTIFICACIÓN DEL GENERADOR	Nombre o Razón Social: Rubro de la Actividad : CIU : Rut : Dirección : Teléfono : Fax : Carabineros : 133 Bomberos : 132 Ambulancia : 131
2. DATOS DE RIESGO	Tipo de Residuos/Código UN : Peligrosidad por Reglamento : Tóxico
3. NOMBRE DEL RESIDUO	Origen/Nombre : Aceites lubricantes residuales Composición : Mezcla de aceites lubricantes residuales
4. DESCRIPCIÓN GENERAL	Estado Físico: Semisólido Color : Oscuro Olor : Similar a Hidrocarburos. N° CAS: 64742-01-4
5. NATURALEZA DEL RIESGO	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalación: A temperatura ambiente, la inhalación de vapores normalmente no es un problema sin embargo se recomienda no exponerse por periodos prolongados • Ojos: Medianamente irritante. • Piel: El contacto continuo de lodos puede ocasionar dermatitis crónica a la piel. • Ingestión: Es un tóxico ya que tiene importantes cantidades de hidrocarburos. • Riesgos sobre el ambiente: Riesgo de contaminación de suelos y cursos de aguas superficiales ocasionados por derrames.
6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Protección Respiratoria : Anteojos de seguridad resistentes a Sustancias Química • Protección de Manos : Guantes de Acrilonitrilo • Protección a la Vista : Anteojos de Seguridad con escudos protectores laterales. • Otros : Overol de Mangas Largas debido a probables salpicaduras.
7. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalación: Evacuar a la persona de la zona contaminada, administrar respiración artificial si la respiración se ha detenido. Solicitar asistencia médica.

8. MEDIDAS EN CASO	<p>· Contacto con la Piel: Sacar la ropa contaminada. Lavarse minuciosamente con agua y con jabón.</p> <p>· Contacto con los ojos: Lavar inmediatamente con agua limpia durante al menos 15 minutos. Solicitar asistencia médica.</p> <p>· Ingestión: NO INDUCIR AL VOMITO. Inmediatamente dé a beber dos vasos de agua. Nunca dé nada a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre naturalmente, haga que la víctima se incline hacia delante para reducir el riesgo de aspiración.</p>
9. MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO	<p>· Debe ser atacado por personal entrenado en incendios de hidrocarburos</p> <p>· No exponerse a inhalación de vapores de la combustión</p> <p>· Agentes extintores: Dióxido de Carbono, Espuma, Polvo Químico Seco, Neblina de Agua</p> <p>Pasos a seguir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cortar el Flujo de Lubricante 2. Enfriar con agua el recipiente que contiene el aceite <p>Perímetro de seguridad: No es necesario establecer perímetro de</p>
10. INFORMACIÓN DE DERRAMES	<p>· seguridad.</p> <p>Precauciones para el ambiente: Evite que el residuo entre a alcantarillado o corrientes de agua</p> <p>Métodos de limpieza: Cubra el área con material absorbente, utilice equipos antiexplosión, luego recupere el volumen derramado, evite que el material entre en los sistemas de alcantarillado o vías de agua.</p> <p>· Equipamiento mínimo de transporte: Palas, material</p>
COMPLEMENTARIA	<p>· Número de Hojas de Seguridad:</p> <p>Código de Compatibilidad: Grupo A2, Artículo 87 DS 148</p>

D. Anexo 4: Tarjeta de emergencia, información de seguridad del material ACPM.



7\$5-(7\$ '((0(5*(1&,\$

352'8&72

6(&&,İ ± ,'(17,),&\$&,İ '(/ 352'8&72

,1)250\$&,İ '(6(*85,'\$ '(/ 0\$7(5,\$/

\$&30_ \$&30

1~PHUR GH 1DFLRQHV 8QLGDV: 1114

1~PHUR &\$6

,0250\$&,İ '(6(*85,'\$ '(/ 0\$7(5,\$/ GH 0D HPSUHV D ECOPETROL S.A., Gerencia del Complejo de

Barrancabermeja G.C.B. Para preguntas y emergencias (24Hrs) llamar a los teléfonos 6208961 / 6209000 / 6208912 y solicitar comunicación con la Unidad 343 o 601.

Centro de información 6(&&,İ técnica (Oficina, '(17,), & de Ventas) \$&,İ 6209900'(3(/,*526 Fax 6209701

3RWHQFLDOHV HIHFWRV DGYHUVRV SDUD OD VDOXG

,1+\$/&\$,İ El respirar gases de combustible de motor puede ser nocivo y causar náuseas, dolor de cabeza, mareo e inconsciencia. Por inhalación puede causar irritación del aparato respiratorio. El principal efecto agudo a altas concentraciones por vía respiratoria es la depresión del sistema nervioso central. Los efectos incluyen euforia, excitación, dolor de cabeza, desvanecimiento, somnolencia, visión borrosa, fatiga, temblores, convulsiones, pérdida de conciencia, coma, interrupción de la respiración y muerte.

,1*(67,İ Por ingestión puede causar disturbios gastrointestinales. Los síntomas incluyen náuseas, vómito y diarrea.

3,(/ El contacto repetido o prolongado con la piel puede resultar en pérdida de las grasas naturales, enrojecimiento, inflamación, comezón, agrietamiento y posible infección secundaria.

2-26 La exposición a sus vapores, humos o nieblas puede causar irritación en los ojos.

()(&726 &5İ1,&26 Existe evidencia suficiente de carcinogenicidad en experimentos con animales. Esta sustancia contiene productos aromáticos que a su vez, poseen compuestos aromáticos policíclicos, algunos de los cuales se ha demostrado que causan cáncer en la piel de los seres humanos bajo condiciones pobres de higiene personal y por contacto repetido y prolongado.

6(&&,İ (48,32 '(3527(&&,İ 3(5621\$/ &21752/ (;326,&,İ

&RQWUROHV GH LQJHQLHUtD

Extractores generales o locales adecuados para evitar la acumulación de vapores peligrosos y asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Debe disponerse de duchas y estaciones lavaojos.

(TXLSR GH SURWHFFLyQ SHUVRQDO

3527(8&,21 5(63,5\$725,\$ Respirador de media cara y doble cartucho para vapores orgánicos. Para casos de emergencia y no rutinarios se debe utilizar aparatos de respiración autocontenidos.

***8\$17(6 3527(&725(6** De Neopreno. Estos deben reemplazarse si las superficies internas se han contaminado con el combustible.

3527(8&,1 2&8/\$5 Gafas de seguridad.

275\$6 La ropa de trabajo debe cambiarse regularmente y lavarse por cualquier proceso (seco, húmedo o una combinación).

Los bomberos pueden utilizar aparatos de respiración autocontenidos con máscara facial.

3DUiPHWURV GH H[SRVLFLyQ /,0,7(6 ' (;326,&,1

2&83\$8,21\$ /

TWA: 100 mg/m³ STEL: TECHO (C): IPVS: 57 p.p.m.

6(8&,1 1 (67\$%/, '\$' < 5(\$&7,9,' '\$'

(VWDELOLGDG: Estable bajo condiciones de uso normal.

,QFRPSDWLELOLGDGHV (Materiales a evitar) Se debe evitar el contacto con oxidantes fuertes.

\$JXD: \$LUH

2WURV: Se debe evitar el contacto con calor, chispas llamas, otras fuentes de ignición.

6(8&,11-0(';\$6'35,0(526\$8;/,26

3URFHGLPLHQWRV GH SULPHURV DX[LQLRV

,1*(67,1 No induzca al vómito. Haga rápidamente un lavado gástrico con carbón activado para prevenir la absorción. De a beber abundante agua o leche.

,1+\$/8&,1 Traslade la persona afectada hacia un sitio fresco, manténgalo abrigado y en reposo. Suministre oxígeno si hay pérdida de la conciencia. Si se detiene la función respiratoria proporcione respiración artificial.

3,(/ Remueva toda la ropa contaminada y lave la piel con agua y jabón. Al quemarse por contacto con material caliente, lave la piel.

2-26 Lávelos con **(1** abundante **72'26** agua **/26** durante **&\$626** unos **//\$0** quince **\$5\$/** minutos **0(',&2**.

<p>6(8&,11 0(',\$6 3\$5\$ (;7,1&,11 '(,1&(1',26 3(/,*526Es un producto inflamable, tóxico e irritante.</p>	<p>352'8&726 '(/ \$ &20%867,İ1 Por combustión puede producir óxidos de carbono e hidrocarburos reactivos. También puede producir trazas de dióxido de azufre. Por descomposición térmica puede emitir trazas de ácido sulfhídrico.</p>
<p>35(&\$8&,21(6 È5(\$6 Frescas, secas, bien ventiladas, alejadas de fuentes de calor e ignición y de sustancias incompatibles.</p>	<p>5(&,3,(17(6 Bien cerrados y debidamente etiquetados. En los tanques se debe dejar espacio suficiente para cubrir cualquier aumento en el volumen con el incremento de temperatura.</p>
<p>\$/0\$&(1\$0,(172ROJO (Inflamable)</p>	<p>27526 Utilice herramientas que no produzcan chispas. Los equipos y líneas a tierra usados durante la transferencia reducen la posibilidad de explosión o fuego estático iniciado por chispas. Los recipientes vacíos pueden contener residuos o vapores tóxicos, inflamables / combustibles, o explosivos, por esto no se deben romper, triturar, soldar o reutilizar los recipientes.</p>
<p>,1&(1',2: Evacue o aisle el área de peligro. Restrinja el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubíquese a favor del viento. Use equipo de protección personal. No introduzca agua en los contenedores. Si no puede alejarlos del área de incendio, enfríelos aplicando agua a sus paredes.</p>	<p>)8*\$6 Mantenga alejada a la gente innecesaria o restrinja el acceso. Utilice agua en atomizador para reducir los vapores. Aleje toda fuente de ignición. El líquido derramado debe absorberse con arena, tierra u otro material. Los derrames nunca deben enviarse a drenajes, porque existe peligro de fuego o explosión. Cualquier cantidad de tierra o arena contaminada debe almacenarse en recipientes a prueba de fuego para su disposición final. Luego lave el área del derrame con agua.</p>
<p>0(' ,2 (;7,1*8,'25 Utilice Dióxido de Carbono, plover químico seco o espuma. NUNCA debe usarse agua para apagar incendios relacionados con combustibles para motores porque lo único que se consigue es expandir el fuego. Utilícela solamente para enfriar los recipientes expuestos al fuego y dispersar los gases y vapores.</p>	<p>352&(' ,0,(172 (63(&,\$/ 3\$5\$ &20%\$,1&(1',26 Elimine el combustible que alimenta el fuego. Utilice agua en spray para dispersar vapores no incendiados o para enfriar superficies expuestas al fuego y proteger al personal. No utilice chorro sólido porque esparcirá el fuego.</p>
<p>5,(6*26 (63(&,\$/(6 325)8 (*2 < (;3/26,21 Es muy peligroso cuando se expone al calor o a las llamas. Los recipientes pueden explotar al calor o al fuego, además puede emitir sustancias tóxicas e irritantes bajo descomposición térmica. El espacio de cabeza de los tanques de almacenamiento puede contener atmósferas inflamables.</p>	

6(88,İ1 0(',\$6 (1 &\$62 '(9(57,'2 \$88,'(17\$/

Mantenga alejada a la gente innecesaria. Manténgase alerta y aléjese de áreas bajas. Incomunique las áreas de peligro y niegue la entrada. Nada de chispas, llamas o fumar en el área de riesgo. Ventile el área. Utilice agua en atomizador para reducir los vapores y proteger al personal de limpieza. En caso de pequeños derrames cubra con arena u otro material absorbente no combustible, lave luego con agua. En caso de derrames más grandes, se debe canalizar para disposición posterior. No envíe al desagüe.

352&('0,(172 3\$5\$ ',6326,&İ1 '(5(6,'826 Absorba con arena, tierra o cualquier otro material absorbente no combustible. Recoja y disponga un sitio apropiado para llevar a biodegradación.



Anexo 5. Diseño de mezclas de concreto portland.

CONSUSAS INGENIERIA
CONSUELO TORRES JIMENEZ
NIT. 30.333.624-4 TEL. 8853226

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PORTLAND

OBRA: EDIFICIO EN LA AVENIDA PARALELA
INTERESADO : TRITURADOS MPS
LOCALIZACION : AVENIDA PARALELA SECTOR DE PALERMO
PROCEDENCIA AGREGADOS : ARENA Y GRAVILLA TRITURADA 1" RIO GUACAICA
FECHA DE ENSAYOS : FEBRERO DE 2013

MEZCLA PARA: **3000 psi**

CONSUMO DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO

Materiales	Peso/m ³ Kg	Masa unitaria de los agregados	Materiales por metro cubico de concreto
Agua	146,0	Ton/m ³	146,0 Litros
Cemento **	283,5		283,5 Kg.
Arena	948,4	1,288	0,7364 m³
Triturado	1058,4	1,437	0,7364 m³

Consumo de cemento Portland en bultos de 42,5 Kg /m³ de concreto **6,67**

PROPORCIONES EN PESO DE LOS MATERIALES PARA UN BULTO (42,5 CEMENTO PORTLAND)

Material	Proporciones al Peso	Peso de materiales
Agua	0,52	(17-19) Litros
Cemento	1,00	42,5 Kg (1 bulto)
Arena	3,35	142 Kg
Triturado	3,73	159 Kg

CUBICACION DE LOS MATERIALES EN CAJON DE MADERA PARA UN BULTO (42,5Kg) DE CEMENTO

Material	Volumen - dm ³	Proporciones al Volumen	No.Cajones	Medidas (libres) del cajón de madera
Agua	---	0,52	(17-19)	Litros
Cemento	32,6	1,00	1	Bulto de 42,5Kg
Arena	110,4	3,39	3	40cm x 40cm x 23,0 cm de alto
Triturado	110,4	3,39	3	40cm x 40cm x 23,0 cm de alto

CUBICACION DE MATERIALES PARA CUÑETES DE 5galones DE AGREGADOS (PARA 1 BULTO DE CEMENTO)

Material	Volumen - dm ³	Proporciones al Volumen	No.Cuñetes	Unidades de medida de materiales
Agua	---	0,52	(17-19)	Litros
Cemento	32,6	1,00	1	Bulto de 42,5Kg
Arena	110,4	3,39	5 1/2	Cuñetes rasos
Triturado	110,4	3,39	5 1/2	Cuñetes rasos

Volumen medido del cuñete de pintura : 20.6Lt

CUBICACION DE MATERIALES PARA BALDES NEGROS DE AGREGADOS (PARA 1 BULTO DE CEMENTO)

Material	Volumen - dm ³	Proporciones al Volumen	No.Baldados	Unidades de medida de materiales
Agua	---	0,52	(17-19)	Litros
Cemento	32,6	1,00	1	Bulto de 42,5Kg
Arena	110,4	3,39	11 1/2	Baldados
Triturado	110,4	3,39	11 1/2	Baldados

Baldes negros utilizados en la construcción

* Cemento utilizado para los cilindros de prueba : **CEMENTO ARGOS ESTRUCTURAL DE 42,5Kg**

La cantidad de agua se toma **siempre con base en el peso del cemento y se debe tener en cuenta la humedad libre de los agregados petreos. El agua de la mezcla está calculada para un Slump de 2 a 3 pulgadas. Para lograr un Slump de mas de 3 pulgadas se recomienda usar aditivos según el caso

G. Anexo 6. Toma de muestras preliminar 1.

CARACTERIZACIÓN REALIZADA EN EL SENA

PRELIMINARES 1

Las muestras se tomaron durante la ejecución de la obra al momento del vaciado de muros estructurales, en dos momentos y días diferentes.

En noviembre de 2012 se hicieron en las instalaciones del Sena 2 caracterizaciones de aguas residuales tomadas de la obra objeto de estudio, durante la actividad cotidiana del vaciado de muros estructurales, los resultados obtenidos se relacionan a continuación:

FECHA: 10 NO2012

ENSAYO PRELIMINAR1.1

SALINIDAD 9,3 g por cada 100
CONDUCTIVIDAD 15,62 m5-cm
TEMPERATURA 22,1 grados
OXIGENO DISUELTO 5,60 mg/l 83%

	No Crisol	A (g)	B (g)	C (g)
SOLIDOS TOTALES	1	36,007	36,559	36,523
	2	36,882	37,488	37,459
SOLIDOS DISUELTOS	3	39,502	39,546	39,557
	4	37,295	37,346	37,345
SOLIDOS SUSPENDIDOS	5	35,436	36,645	35,901
	6	36,744	38,05	37,299

TABLA 1.1
 caracterizacion
 preliminar 1

CALCULOS

SOLIDOS TOTALES	18,4	20,2	19,3	G
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1,83	1,67	1,75	G
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	16,57	18,53	17,55	g/L

TABLA 1.2

FECHA: 19 NOV
2012

ENSAYO PRELIMINAR 1.2

SALINIDAD 9,5 g por cada 100
 CONDUCTIVIDAD 15,42 m5-cm
 TEMPERATURA 21,1 grados
 OXIGENO DISUELTO 5,50 mg/l 83%

	No Crisol	A (g)	B (g)	C (g)
SOLIDOS TOTALES	1	39,511	40,575	40,438
	2	36,015	37,253	37,089
SOLIDOS DISUELTOS	3	36,889	36,964	36,934
	4	37,701	37,771	37,754
SOLIDOS SUSPENDIDOS	5	35,217	37,198	36,321
	6	32,483	41,321	40,446

TABLA 1.3
caracterización
preliminar 1

CALCULOS

SOLIDOS TOTALES	35,47	41,27	38,37	G
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1,50	1,77	1,63	G
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	33,97	39,50	36,73	g/L

TABLA 1.4

De igual manera se tomo el PH, salinidad, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto.