

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental

“Propuesta de Inertización y solidificación de focos fluorescentes en desuso almacenados en el Centro de Educación y Gestión Ambiental (CEGAM), Quito – Ecuador.”

Realizado por:

Juan Francisco Mena Zapata

Director del proyecto:

Ing. Ana Rodríguez.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

2013

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JUAN FRANCISCO MENA ZAPATA, con cédula de identidad # 172458346-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Juan Francisco Mena Zapata

C.C.: 172458346-1

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“PROPUESTA DE INERTIZACIÓN Y SOLIDIFICACIÓN DE
FOCOS FLUORESCENTES EN DESUSO ALMACENADOS EN EL CENTRO DE
EDUCACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL (CEGAM), QUITO –ECUADOR”**

Realizado por:

JUAN FRANCISCO MENA ZAPATA

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por la profesora

ING. ANA RODRÍGUEZ

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Ing. Ana Rodríguez

DIRECTORA

DECLARATORIA PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

KATTY CORAL

KARLA LAVANDA

Después de revisar el trabajo presentado

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el Tribunal Examinador.

Ing. Katty Coral

Ing. Karla Lavanda

Quito, 21 de Febrero 2014

DEDICATORIA

El presente trabajo les dedico a Dios y a mi familia por su apoyo incondicional. A mis padres, Marco y Marianita por todo el cariño brindado en estos 23 años de vida y por ser mi ejemplo de fortaleza, dedicación e integridad. A mis hermanos y mi sobrino, amigos incondicionales quienes me han alentado siempre para seguir adelante. A mis abuelos, que están en el cielo cuyo recuerdo y ejemplo siempre estará en mi mente y en mi corazón. A mi abuela Evita por ser un pilar fundamental en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi tutor y profesor, Anita Rodríguez, por su certera guía y paciencia la cual ha sido fundamental para la realización del presente Trabajo de Investigación.

A la Decana Katty Coral, quien a más de conocimientos técnicos y prácticos aprendidos en clase nos ha sabido entregar valiosas lección de vida con el objetivo convertirnos no solo en los mejores profesionales sino en personas con gran calidad moral, además de una guía en una amiga para toda la vida.

A Karlita Lavanda, cuyas recomendaciones y correcciones fueron vitales en la realización del presente trabajo.

A mis amigos, Santiago Urresta, Denisse González, Nathalie de la Torre, Karlita Larrea, Paula Gaibor y María Gabriela Aguirre.

A CORPLAB Environmental Analytical Service y Hormigosuelos CIA. LTDA por la colaboración brindada en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Problema de investigación.....	13
1.1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.1.1.1. Diagnóstico.....	16
1.1.1.2. Pronóstico.....	18
1.1.1.3. Control del Pronóstico	19
1.1.2. Formulación del Problema.....	19
1.1.3. Sistematización del problema.....	19
1.1.4. Objetivos Generales	20
1.1.5. Objetivos Específicos.	20
1.1.6. Justificación.....	21
1.2. Marco Teórico	23
1.2.1. Antecedentes.....	23
1.2.2. Estado actual del conocimiento.....	24
1.2.2.1. CEGAM.....	24
1.2.2.2. Marco Legal	26
1.2.2.3. Matriz Energética del Ecuador.....	34
1.2.3. Marco conceptual	38
1.2.3.1. Lámparas Incandescentes.	38
1.2.3.2. Lámparas de vapor de mercurio.	40
1.2.3.3. Lámparas Fluorescentes.....	41
1.2.3.4. Comparación de una lámpara fluorescente con una lámpara incandescente.	44
1.2.3.5. Cantidades de Mercurio presente en un foco fluorescente.....	45
1.2.3.6. El Mercurio.	45
1.2.3.7. Tecnología de la Solidificación e Inertización.....	48
1.2.4. Hipótesis.....	52
1.2.5. Identificación de Variables.	52
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	53
2.1. Nivel de estudio.....	55
2.2. Modalidad de investigación	56
2.3. Procedimiento.....	57
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	95

3.1.1.	Recolección de focos fluorescentes.....	95
3.1.2.	Resultado de conductividad y pH muestra de agua a 50%.....	97
3.1.3.	Resultado de conductividad y pH muestra de agua a 75%.....	98
3.1.4.	Perdida de agua.....	100
3.1.5.	Peso de los vidrios.....	102
3.1.6.	Cálculo de pérdida de vidrio.....	102
3.2.	Presentación de los resultados.....	103
3.2.1.	Cantidad de Mercurio encontrado en el agua.	103
3.2.2.	Pérdida de agua.....	105
3.2.3.	Solidificación y la inertización.	106
3.2.4.	Resultados de la resistencia del hormigón.	106
3.2.5.	Resultados de test de lixiviación.....	107
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN.....		108
4.1.	Conclusiones.....	108
4.2.	Recomendaciones	112
Bibliografía.....		141

LISTA DE CUADROS

Tabla 1.	Elementos y tipos de lámparas.....	21
Tabla 2.	Comparación de lámparas incandescentes con lámparas fluorescentes por consumo.....	44
Tabla 3.	Concentraciones de los elementos que revisten de peligrosidad en las lámparas de descarga, expresada en gramos por unidad.	45
Tabla 4.	Materiales constitutivos para Hormigón Testigo.....	75
Tabla 5.	Materiales constitutivos para Hormigón de Vidrio de 50%.....	76
Tabla 6.	Materiales constitutivos para Hormigón de Vidrio de 75%.....	76
Tabla 7.	Cilindros de hormigón sometidos a ensayos de TCLP	80
Tabla 8.	Número de cilindros de Hormigón Testigos.....	81
Tabla 9.	Número de cilindros de Hormigón de Vidrio a 50%.....	82
Tabla 10.	Número de cilindros de Hormigón de Vidrio a 75%.....	83
Tabla 11.	Número Total de Muestras.....	84
Tabla 12.	Cantidad total de mercurio a tratar.....	85
Tabla 13.	Dosificación de Hormigón Testigo para 6 cilindros de Hormigón.....	87
Tabla 14.	Dosificación Testigo para 8 Cilindros de Hormigón.....	89

Tabla 15. Dosificación para Hormigón de vidrio 50%.....	89
Tabla 16. Dosificación Testigo para 8 Cilindros de Hormigón.....	91
Tabla 17. Dosificación para Hormigón de vidrio 75%.....	91
Tabla 18. Peso Promedio de Focos.	93
Tabla 19. Focos fluorescentes en el CEGAM de marzo a julio	95
Tabla 20. Conductividad y pH agua inicial	97
Tabla 21. Relación entre focos pH muestra del 50%	98
Tabla 22. Conductividad y pH agua inicial	98
Tabla 23. Relación focos-pH muestra del 50%.....	99
Tabla 24. Peso de vidrio.....	102
Tabla 25. Pérdida de vidrio	103
Tabla 26. Mercurio presente en el agua.....	104
Tabla 27. Pérdida de agua.....	105
Tabla 28. Resistencia del hormigón.....	106
Tabla 29. Resultados del test de lixiviación al 7mo día de curado.....	107
Tabla 30. Resultados del test de lixiviación al 21 día de curado	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo nacional por áreas de concesión GWh (2010)	35
Figura 2. Consumo nacional por sectores GWh (2010).....	36
Figura 3. Medidas complementarias implementadas (iluminación)	37
Figura 4. Elementos de un foco incandescente.....	39
Figura 5. Partes constitutivas de las lámparas fluorescentes.	42
Figura 6. Fotografías de las visitas al CEGAM.....	57
Figura 7. Recipiente de rotura.....	60
Figura 8. Extremos del tubo PVC	60
Figura 9. Impermeabilización del recipiente.....	61
Figura 10. Impermeabilización de las tapas.....	62
Figura 11. Manija del recipiente.....	62
Figura 12. Vigas de madera.....	63
Figura 13. Orificios para vigas	64
Figura 14. Malla	64

Figura 15. Ensayo de resistencia de malla plástica	65
Figura 16. Focos fluorescentes	67
Figura 17. Procedimiento colocación de ácido nítrico.	68
Figura 18. Colocación de plástico	69
Figura 19. Ruptura de focos	70
Figura 20. Retiro de vidrios rotos	71
Figura 21. Medición de pH.....	72
Figura 22. Cilindros de hormigón.....	85
Figura 23. Dosificación Hormigón Testigo.....	88
Figura 24. Dosificación hormigón de vidrio 50%.....	90
Figura 25. Dosificación Hormigón de vidrio 75%.....	92
Figura 26. Pesaje de vidrios.....	93

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Recopilación de leyes	115
Anexo 2. Resultados de Laboratorio	123

Resumen.

En una sociedad con grandes tendencias de expansión industrial, que opta por una mejor calidad lumínica, ha preferido la utilización de lámparas fluorescente frente a los focos incandescentes debido a los amplios beneficios que estos presentan. Sin embargo las lámparas fluorescentes contienen mínimas cantidades de mercurio, un metal tóxico, que al ser desechado sin ningún tipo de tratamiento previo afecta drásticamente al ambiente y a los seres vivos. Por ello existe una clara necesidad de desarrollar diversos procedimientos que ayuden a controlar y tratar los focos fluorescentes en desuso previa a su disposición. La solidificación y la inertización es un claro ejemplo de tratamiento previo que ayudará a hacer una masa solida, resistente, capaz de retener el mercurio de los focos fluorescente en su interior, inhabilitando el contacto del mismo con el medio ambiente y por ende puede ser depositado en un relleno sanitario sin ningún tipo de riesgo para el ambiente.

Palabras clave:

Lámparas fluorescentes, Mercurio, Tratamiento, Solidificación, Inertización, CEGAM

Abstract

A society with increasing industrial trends, have preferred the use of fluorescent bulbs over incandescent bulbs to have better luminy quality, because of the great beneficts that those present. However, fluorescent bulb contain minimum quatities of mercury, a toxic metal, that affects drastically the environment and living beings when is wasted without any previous treatment. That is why, appears the necessity of develop various procedures which help to treat disuse fluorescent bulbs previous their final disposal. An example of previous treatment are solidification and inerting procedures that consist in made a resistent solid, capable of keeping inside mercury of fluorescent bulbs, preventing the contact of it with the environment, being depositated in a landfill withou any risk.

Key words:

fluorescent bulbs, mercury, treatment, solidification, inerting, CEGAM

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

La constante generación de residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito se ha convertido en una problemática debido al incremento demográfico y económico de la ciudad. En la mayoría de hogares, industrias, instituciones educativas, oficinas y centros comerciales se ha optado por utilizar focos fluorescentes o más conocidos como focos ahorradores, de esta manera se ha logrado una mejor calidad lumínica con menores costos de consumo energético. Según Montenegro y Nicolalde para el año 2007 en la ciudad de Quito se estimó un consumo anual de 1'707175,22 de focos fluorescentes, de los cuales el 63.4 % corresponde al sector empresarial.

Las lámparas o focos fluorescentes ofrecen claras ventajas en comparación con los focos incandescentes; entre las principales ventajas podemos encontrar la eficiencia de la luz fluorescente no emite calor y requiere menos cantidad de energía eléctrica, su tiempo de vida es cuatro veces mayor que los focos incandescentes lo que se traduce en un claro ahorro energético y por ende económico. Es por ello que el Gobierno Nacional en el 2008 comenzó a través del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables el plan de Eficiencia energética entregando a la ciudadanía alrededor de 10 millones de lámparas fluorescentes para ser remplazadas por los focos incandescentes con el objetivo principal de disminuir el consumo de energía eléctrica (CONELEC.2009).

Aun cuando el remplazo por lámparas fluorescentes representa un ahorro económico, este implica una nueva problemática ambiental, debido a que al terminar su

vida útil estos se transforman en residuos peligrosos por el contenido de mercurio que se encuentra en cada foco fluorescente, un elemento muy tóxico para el ambiente y para la salud, lo que demanda una mayor atención en su gestión.

El Municipio de Quito en el año 2011 comenzó un nuevo proyecto de sensibilización, dignificación y educación ciudadana al trabajo que realizaban los examinadores ahora llamados gestores ambientales a pequeña escala, el proyecto fue llamado CEGAM (Centro Educativo de Gestión Ambiental) cuyo principal objetivo es la recuperación y clasificación de los residuos sólidos reciclables obtenidos por parte de los gestores ambientales; dichos residuos son acumulados en los locales comerciales e instituciones públicas que forman parte de este proyecto ambiental que a su vez son transportados por la Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito, (EMASEO) hacia centro de acopio del CEGAM ubicado en la Administración Zonal Manuela Sáenz situado en el Centro Histórico de Quito, en la Av. 24 de Mayo, frente del ex terminal terrestre Cumandá (EMASEO, 2011). Los principales materiales de interés del CEGAM son el papel, cartón y los envases (botellas pet y tetrapak), estos materiales son los más requeridos debido a que tienen un mayor valor comercial. Entre las principales actividades que realizan encontramos:

- Recolección Selectiva Manual
- Recolección puerta a puerta o a pie de vereda,
- Recolección selectiva mecánica:
- Recolección en vehículo de EMASEO y clasificación y agregación de valor de residuos en CEGAM.

Gracias a los ingresos proporcionados por el reciclaje los gestores ambientales como cabezas de familia han encontrado una estabilidad laboral. Sin embargo, en algunas ocasiones además de recibir materiales reciclables también llegan residuos tóxicos peligrosos como es el caso de los focos fluorescentes, y se debe manifestar en este punto que el CEGAM no se dedica a reciclar dichos residuos tóxicos por lo que los desechan de forma común, es decir directo a los contenedores de basura. (EMASEO, 2011).

En el Ecuador, en especial en la Ciudad de Quito, el Municipio Metropolitano se ha preocupado por manejar de la mejor manera los residuos sólidos urbanos, sin embargo, para los residuos sólidos peligrosos este manejo no se ha considerado todavía con la misma importancia puesto que éstos, como es el caso de los focos fluorescentes, se los dispone o deposita directamente en los rellenos sanitarios y en el peor de los casos a botaderos a cielo abierto (Montenegro y Nicolalde.2012). Sin un control muy definido para el manejo de estos residuos tóxicos y peligrosos, existe una gran probabilidad de una ruptura de los mismos de tal manera que el mercurio a presión que se encuentra en su interior sea liberado afectando drásticamente a la salud pública, a los cuerpos de agua superficiales, al aire, a los seres vivos y al ambiente en general.

1.1.1. Planteamiento del problema

1.1.1.1. Diagnóstico

Según el Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2009 – 2020, en el año 2008 la producción total de energía eléctrica fue de 19.108,69 GWh, de los cuales 11.296,04 GWh (59,11%) corresponden a energía renovable (recurso hídrico) y 7.812,65 GWh (40,89%) a energía no renovable (combustibles fósiles). Por ello, la energía eléctrica es un recurso necesario e indispensable para llevar a cabo los procesos productivos del país, razón por la cual es necesario encontrar procesos que disminuyan el consumo de energía pero sin afectar la productividad. Una de las estrategias para este fin de ahorro energético es la que se inició en el año 2007- 2008 y que consistió en el cambio de focos incandescentes por focos ahorradores o fluorescentes, esta iniciativa fue realizada por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, lo cual permitió obtener resultados positivos en el balance del consumo de luz eléctrica del país.

El Estado Ecuatoriano invirtió recursos económicos para cambiar diez millones de focos incandescentes por ahorradores o fluorescentes lo cual estructuró el proyecto más ambicioso del país en cuestiones de eficiencia energética; una de las más grandes justificaciones para realizar este cambio fue la de reducir el consumo energético del país y la responsabilidad de adoptar medidas que disminuyan la producción de CO₂ debido a que el cuarenta y cinco por ciento es producido por la quema de combustibles fósiles en las turbinas de las centrales termoeléctricas que son altamente contaminantes para el ambiente. En el año 2009 el cambio de los focos incandescentes obtuvo una reducción de los costos de producción de electricidad en las centrales termoeléctricas con un ahorro de doscientos treinta y tres mil dólares diarios para el estado. (CONELEC.2009).

Según el Censo Nacional realizado en el año 2010, el Ecuador tiene 14'483.499 habitantes y 4'654.054 viviendas determinándose que el 53.3% de las mismas usan exclusivamente focos fluorescentes o ahorradores repartiéndose el 36,8% para el área urbana y el 16,5% en la rural y así mismo el Censo indicó que el 31,9% de las viviendas aún comparte entre focos ahorradores y convencionales y el 14,8% exclusivamente usa focos convencionales, lo cual permite concluir que existen 7'676,254 focos fluorescentes en el Ecuador y en la ciudad de Quito para el año 2007 se estimó un consumo anual de 1'707175,22 focos fluorescentes de los cuales el 63.4 % corresponde al sector empresarial. (Montenegro y Nicolalde.2012).

Según la Secretaria del Ambiente para el distrito Metropolitano de Quito, se encuentra normalizada la gestión y tratamiento de focos fluorescentes o focos ahorradores para lo cual se requiere estar calificado como gestor de residuos peligrosos. De esta manera para abril del 2013 solo existe RECIPLAST C.A. como gestor a gran escala y CADEPRODUC como gestor de mediana escala, siendo los únicos en poder tratar los focos fluorescentes que se encuentran como desecho en el Distrito Metropolitano de Quito. Sin embargo INCINEROX, una empresa especializada en tratamientos de residuos y que adquirió el equipo especializado para poder tratar los focos fluorescentes (podía tratar anualmente una cantidad promedio de 13000 focos en desuso), no se encuentra en la lista de gestores calificados para poder tratar dichos residuos, por ende la mayoría de focos fluorescentes son tratados como desechos comunes y depositados en los rellenos sanitarios.

Los focos fluorescentes contienen una mínima cantidad de mercurio siendo ésta la sustancia más peligrosa que se encuentra dentro de ellos cuya principal función es

transportar el flujo de corriente eléctrica dentro del tubo, sin embargo la tendencia de consumo de dichos focos cada vez es más creciente en el uso y cantidad lo cual en muy corto plazo exigirá la implantación de una política de tratamiento de estos residuos para evitar consecuencias graves.

Cada lámpara fluorescente contiene alrededor de 0.45g a 0.60 g de mercurio (Hg) dependiendo del fabricante, además la cantidad de mercurio emitido después de una ruptura no es fácil de establecer debido a que está en función de varias variables, entre la más importante se encuentra que el mercurio es más volátil cuando se encuentra a mayor temperatura ambiental (Camilla, et ál, 2007) y así mismo, el mercurio que se encuentra en las lámparas fluorescentes está en forma inorgánica y al escaparse puede interactuar con el medio ambiente y convertirse en dimetilmercurio, el cual posee una característica de que se trasmite rápidamente por la cadena trófica hacia los organismos vivos causando grande daños a la salud(Coral. 2013).

Frente a la realidad del Distrito Metropolitano de Quito referente al tratamiento post-utilización que debería darse a estos residuos, es necesario plantear propuestas y soluciones para disminuir el riesgo que representa la cantidad de focos fluorescentes que se desechan en la ciudad, siendo la Inertización y Solidificación dos alternativas técnicas para el tratamiento seguro del mercurio producido por focos fluorescentes.

1.1.1.2. Pronóstico

En la actualidad la mayoría de empresas privadas y públicas producen diferentes tipos de residuos tóxicos y peligrosos como es el caso de los focos fluorescentes, éstos

en su interior contienen mercurio que es dañino para la salud de las personas y al ambiente. Existen diferentes tratamientos para estos residuos peligrosos con el inconveniente de que tradicionalmente consumen mucha energía (combustibles fósiles, carbón y electricidad) por lo cual es necesario plantear diferentes alternativas para tratar dichos residuos.

1.1.1.3. Control del Pronóstico

Es necesario el desarrollo de procesos alternativos con propuestas factibles utilizando técnicas como la inertización y la solidificación para poder dar un tratamiento definitivo a estos residuos peligrosos.

1.1.2. Formulación del Problema

¿Una Propuesta de Inertización y Solidificación de focos fluorescentes en desuso almacenados en el Centro de Educación y Gestión Ambiental (CEGAM) contribuirán a la adecuada gestión de los residuos en el Distrito Metropolitano de Quito?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Cuál es situación actual de la demanda y gestión de residuos de lámparas fluorescentes en el Distrito Metropolitano de Quito?

¿Cuál es la situación actual de los residuos de lámparas fluorescentes en el Centro Educativo de Gestión Ambiental (CEGAM)?

¿Cuáles son los daños que generan al ambiente y a los seres vivos el mercurio que se encuentra en las lámparas fluorescentes?

¿Cuáles son los mecanismos de gestión actuales de los residuos de lámparas fluorescentes en El Distrito Metropolitano de Quito?

¿Cuál es el desempeño y funcionalidad de tratamientos como la inertización y solidificación para tratar el mercurio proveniente de focos fluorescentes?

¿Qué resistencia a la compresión puede adquirir un cilindro de hormigón con vidrio molido procedente de focos fluorescentes en desuso y agua con mercurio provenientes de focos fluorescentes?

1.1.4. Objetivos Generales

Formular una Propuesta de Inertización y Solidificación para el tratamiento de focos fluorescentes en desuso almacenados en el Centro de Educación y Gestión Ambiental (CEGAM), Quito –Ecuador.

1.1.5. Objetivos Específicos.

- Cuantificar los focos fluorescentes en desuso existentes en el Centro de Educación de Gestión Ambiental CEGAM.
- Encontrar y analizar un procedimiento para poder retener la mayor cantidad de mercurio en agua para la realización de la solidificación y la inertización.

- Analizar una dosificación experimental para obtener un hormigón con residuos de focos fluorescentes en su interior lo suficientemente resistente para poder darle una nueva utilización.
- Determinar si el tiempo de curado del hormigón tiene relación con el proceso de retención de la solidificación y la inertización.

1.1.6. Justificación

En una sociedad con grandes tendencias de expansión industrial, que opta por una mejor calidad lumínica, se ha preferido la utilización de lámparas fluorescentes frente a los focos incandescentes debido a los beneficios que estos presentan como menor consumo de energía y por ende el beneficio económico que éstos brindan, de esta manera se ha incrementado la utilización de los mismos.

Tabla 1. Elementos y tipos de lámparas

Componente Gramos/unidad	Tipo de lámpara			
	Lámparas de vapor de mercurio de alta presión (peso medio 300g)	Lámparas fluorescentes (peso medio 200g)	Lámparas de sodio de alta presión (peso medio 300g)	Lámparas de halogenuros metálicos (peso medio 150g)
Mercurio	0.06	0.035	0.06	0.045
Plomo	1.5	0.0104	0.6	0.45
Itrio	0.36	0.126	0.012	0.105
Tierras raras	0.039	0.08	0.003	0.0045
Antimonio	-	0.03	-	-
Bario	0.0003	0.06	0.126	0.003
Estroncio	0.15	0.028	0.09	0.0015

Fuente: (Montenegro y Nicolalde.2012)

Las componentes de los focos fluorescentes dependen mayoritariamente del fabricante pero por lo general los principales compuestos son gas de mercurio, plomo, fósforo, itrio, tierras raras, antimonio, bario, estroncio, filamento de tungsteno, electrodos metálicos y vidrios (Camilla, et ál, 2007); de los componentes que poseen las lámparas sólo se estudia la cantidad de mercurio disponible cuando los tubos fluorescentes o lámparas han cumplido su vida útil (Moreano y Minassian.2009).

Las instalaciones, sean domésticas, industriales o complejos de oficinas que utilizan focos fluorescentes generan frecuentemente focos fluorescentes en desuso, los cuales al romperse liberan mercurio, por lo tanto la posibilidad de afectación al medio ambiente es real debido al simple contacto con este gas así como la posibilidad de contaminación de cuerpos de agua, superficiales y subterráneas por la contaminación y transporte a través del aire y el suelo. Según los datos obtenidos en la Secretaria del Ambiente en el Distrito Metropolitano de Quito existen muy pocos Gestores Ambientales que pueden tratar los residuos que dejan los focos fluorescentes siendo gestores calificados para el año 2013 HAZWAT CÍA. LTDA, el cual se considera como el único gestor Tecnificado, CADEPRODUC el cual se encarga de Recolección, Transporte, almacenamiento y tratamiento de lámparas fluorescentes y focos ahorradores a mediana escala.

En forma privada, la empresa INCINEROX compró en el año 2012 el equipo de tratamiento de focos fluorescentes BALCAN modelo FSL 100, el cual separa el mercurio de los focos fluorescentes e inclusive procesó en el año 2012 alrededor de 12550 focos fluorescentes (Montenegro y Nicolalde.2012), sin embargo en el listado de

Gestores Ambientales del la Secretaria de Ambiente de Quito no se encuentra registrado como Gestor para el año 2013.

Según datos recopilados en el Distrito Metropolitano de Quito existe únicamente dos gestores ambientales calificados capaces de poder tratar los residuos de los focos fluorescentes, por tanto es necesario encontrar diferentes tipos de tratamientos de estos residuos para poder satisfacer la demanda de control ambiental.

El presente estudio es un aporte teórico y práctico que contribuirá a la mejora de la gestión de los residuos tóxicos producidos por los focos fluorescentes almacenados en el Centro De Educación Ambiental (CEGAM) mediante la utilización propuesta de los tratamientos de la solidificación y la inertización.

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Antecedentes

Según el Texto UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, publicado 31 de Marzo de 2003 Art 160, menciona que todo generador de residuos es responsable y titular de dichos residuos hasta su correcta disposición final. Sin embargo existen lugares donde pueden aparecer diferentes residuos peligrosos como es el caso del CEGAM, en donde no es responsabilidad de ellos tener estos residuos ni tratarlos.

1.2.2. Estado actual del conocimiento

1.2.2.1. CEGAM

La permanente generación de residuos sólidos urbanos en el Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en un promedio de 48.000 toneladas al mes, lo que equivale a 1.610 toneladas al día; de las cuales aproximadamente el 13% es de plástico y 8% de papel, a estos residuos que se consideran reciclables no se aplica ningún proceso de clasificación ni aprovechamiento y son enviados directamente a un relleno sanitario (EMASEO.2011).

Actualmente se puede mencionar algunos de los factores que afectan al buen manejo de los residuos sólidos dentro de Quito siendo una de las principales causas la escasa educación que tiene la ciudadanía sobre el adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos, el evidente desconocimiento sobre las normativas y ordenanzas de residuos sólidos urbanos y el descuido de las autoridades municipales. Por ello se creó una iniciativa llamada Quito Patrimonio Sano en el año 2011, basado en las tres 3R's (Reduce, Reúsa y Recicla). La finalidad del proyecto consiste en mejorar la calidad ambiental y la incorporación de estrategias integrales para lograr una sensibilización de la ciudadanía con la intervención y la inclusión social (EMASEO.2011).

- **Objetivo General del CEGAM**

Valorizar los residuos sólidos reciclables tanto domiciliarios como comerciales o asimilables a domiciliarios involucrando a la comunidad y empoderando a los gestores de menor escala.

- Objetivos Específicos del CEGAM
 1. Articular la política pública y metodología educativa de comunicación (educación), para promover el adecuado manejo de residuos sólidos urbanos (RSU) en la ciudadanía.
 2. Coordinar la implementación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito.
 3. Incluir formalmente a los Gestores de Menor Escala al proceso de valorización de los residuos.

Para lograr una sensibilización a la ciudadanía se lanzó una plataforma promocional con el nombre de Quito Verde y Limpio, mediante la implementación de actividades educativas a la ciudadanía, empresas estatales y privadas poniendo mayor énfasis en la clasificación de los residuos sólidos urbanos.

Los establecimientos que colaboran con esta iniciativa son aquellas industrias o empresas que generan grandes cantidades de residuos y que están dispuestas a clasificarlos en la fuente, a través de una separación selectiva en tachos diferenciados. Una vez que los residuos son clasificados se depositan en contenedores especiales de residuos sólidos reciclables (Papel, cartón y plástico) llamados Puntos Limpios que están distribuidos alrededor de la ciudad de Quito.

De esta manera todos los residuos reciclables provenientes de las empresas que apoyan este proyecto son clasificados de manera manual, por los gestores de menor escala y transportados en vehículos de EMASEO hacia el centro de acopio del CEGAM, en donde son clasificados, procesados y almacenados para ser vendidos como productos reciclables.

Las ganancias producidas por el reciclaje son entregadas a los gestores a menor escala.

1.2.2.2. Marco Legal

- **Constitución de la República del Ecuador.** Registro Oficial Número 449 del 20 de Octubre del 2008.

“Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

7. Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.

“Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumakkawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio

genético el país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

“Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional”.

“Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.”

“Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.”

“Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

- 1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.*
- 2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.*
- 3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.*
- 4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.”*

“Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.”

“Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua”.

- **Codificación de la Ley de Gestión Ambiental. Codificación 19, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2004.**

“Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia, las siguientes:

- a) Aplicar los principios establecidos en esta Ley y ejecutar las acciones específicas del medio ambiente y de los recursos naturales;*
- b) Ejecutar y verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, de permisibilidad, fijación de niveles tecnológicos y las que establezca el Ministerio del ramo;*

- c) *Participar en la ejecución de los planes, programas y proyectos aprobados por el Ministerio del ramo;*
- d) *Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar las normas técnicas necesarias para proteger el medio ambiente con sujeción a las normas legales y reglamentarias vigentes y a los convenios internacionales;*
- e) *Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas;*
- f) *Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales.”*

- **Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente. Decreto Ejecutivo No 3516, publicado Registro Oficial Suplemento # 2 publicado el 31 de marzo del 2013. LIBRO VI ANEXO 1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.**

En la presente norma se establecen los límites máximos permisibles del recurso agua según su uso. Para el presente estudio se utilizará los máximos permisibles del mercurio en agua dulce que es 0.005 mg/l. debido a que el numeral 4.2.1.15 establece que todos los lixiviados generados en rellenos sanitarios deben cumplir con los límites establecidos en las normas de descargas a un cuerpo de agua, “*TABLA 12. Límites de*

descarga a un cuerpo de agua dulce”, la cual se adjunta en el Anexo 1 del presente documento.

- **ACUERDO MINISTERIAL N° 142. LISTADOS NACIONALES DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS, DESECHOS PELIGROSOS Y ESPECIALES. Publicado en Quito el viernes 21 de diciembre del 2012 No 856.**

LISTADO No. 2: LISTADO DE DESECHOS PELIGROSOS POR FUENTE NO ESPECÍFICA.

En este listado se encuentran estipulados como residuo tóxicos y peligrosos las luminarias, lámparas, tubos fluorescentes, focos ahorradores usados que contengan mercurio como residuo peligroso que debe de ser tratado.

- **RESOLUCIÓN N° 0002-DMA-2008 LA DIRECCION METROPOLITANA AMBIENTAL, NORMAS TÉCNICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA CODIFICACIÓN DEL TITULO V, “DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE. Publicada el 4 de agosto del 2008 en el Registro Oficial N°. 395.**

“Art. 11. Norma Técnica para los residuos peligrosos”.

“4.3.2 En el caso de residuos peligrosos, catalogados como domésticos peligrosos tales como: baterías y equipos celulares, pilas, tubos fluorescentes,

medicamentos caducados, el generador debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos para los recipientes:

La pintura utilizada deberá ser antioxidante o resistente a productos químicos. Deberán ser construidos de un material resistente que no permita la reacción con alguno de los productos que serán almacenados como polietileno de alta densidad, acero inoxidable, etc. Los espacios publicitarios y de comunicación de los recipientes deberán tener como mínimo:

- *La identificación clara del tipo de residuo con el respectivo isotopo el cual será ubicado en la parte frontal superior del contenedor.*
- *Un mensaje educativo alusivo a la mejor forma de disponer el residuo y otros*
- *relacionados con campañas de educación acerca del cuidado ambiental. Deberán tener la imagen Institucional acorde a las políticas de Comunicación de la Municipalidad.*
- *El generador debe cumplir con las características técnicas referenciales de los Contenedores para el almacenamiento temporal de estos residuos, Anexo 1 y Anexo 2.*
- *Las dimensiones pueden variar de acuerdo a la capacidad demandada y con un respectivo justificativo técnico.*
- *La Dirección Metropolitana Ambiental aprobará la propuesta para la construcción y localización de estos recipientes. No se admitirá la ubicación de contenedores que no contengan éstas características mínimas.”*

5. CRITERIO PARA CONSIDERAR A UN DESECHO COMO PELIGROSO.

“5.1 Si un desecho se encuentra dentro del Listado de desechos peligrosos (Tabla 1), será considerado como peligroso y deberá obligatoriamente realizar el tratamiento señalado. Si el residuo no se encuentra en el listado, solicitará criterio técnico a la DMA para su adecuado tratamiento.”

“En la tabla 1 estipula que todos los residuos que contengan mercurios producidas por la industria en general o por domicilios como es el caso de los focos fluorescentes en desuso, se debe tratar con tratamiento físico químico o a su vez con una solidificación o encapsulamiento.”

“La tabla 1 de listados de desechos peligrosos se adjunta en los anexos 1 del presente documento.”

TABLA 2 CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CONTAMINANTES DE ACUERDO CON LA CARACTERÍSTICA DE TOXICIDAD (PRUEBA DE LIXIVIACIÓN)

En La siguiente tabla estipula los valores máximos que debe tener una sustancia después de realizar pruebas de lixiviación. Para lo cual se tomara el valor del límite máximo del mercurio 0.2 mg/l.

Se adjunta la tabla número 2 en el anexo 1 del presente documento.

- **Normas Oficializadas Por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)**

NTE INEN 2632:2012 Disposición de productos. Lámparas de descarga en desuso.

Requisitos

NTE INEN 2653:2013 Disposición de productos. Lámparas incandescentes en desuso.

Requisitos.

1.2.2.3. Matriz Energética del Ecuador.

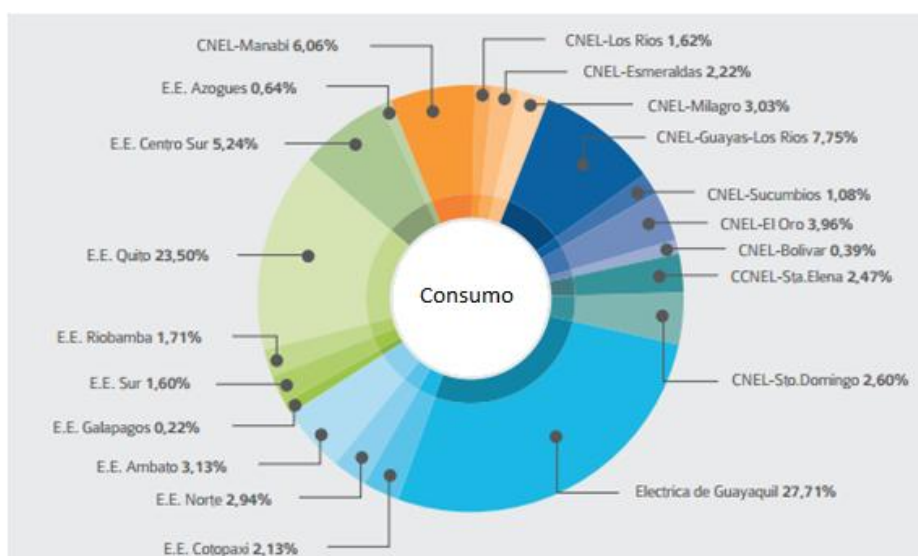
Según el PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN DEL ECUADOR para los años 2012-2021, el Ecuador será uno de los países que dependan más de la electricidad generada por las hidroeléctricas debido a los altos rendimientos que éstas pueden generar para el país. La central hidroeléctrica Paute fue el inicio de la explotación Hidroeléctrica en el año de 1976, desde esa época el país ha ido evolucionando e implementando nuevas centrales que logren abastecer el consumo de energía eléctrica.

Para el año 2009, Ecuador sufrió una crisis energética producida por el estiaje y las severas sequías que azotaron al país, lo que causó una falta de producción de energía de corto plazo y una dependencia de la electricidad importada desde Colombia. Estos acontecimientos permiten elaborar una nueva matriz energética para el Ecuador con la elaboración de planes concretos a futuro, con la construcción de nuevas fuentes de energía, como Hidroeléctricas, Termoeléctricas y Energías alternativas, además

desarrollar un plan de concienciación hacia la ciudadanía de ahorro de energía cambiando los focos incandescentes por focos Fluorescentes, entre otros.

De esta manera la producción de Energía para el año 2010 según la Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, elaborada por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), bordea los 4.761 MW. Entre las ciudades que tienen el mayor consumo de energía por áreas de Concesión encontramos a Quito y Guayaquil con alrededor del 50% de la Producción Nacional.

Figura 1. Consumo nacional por áreas de concesión GWh (2010)

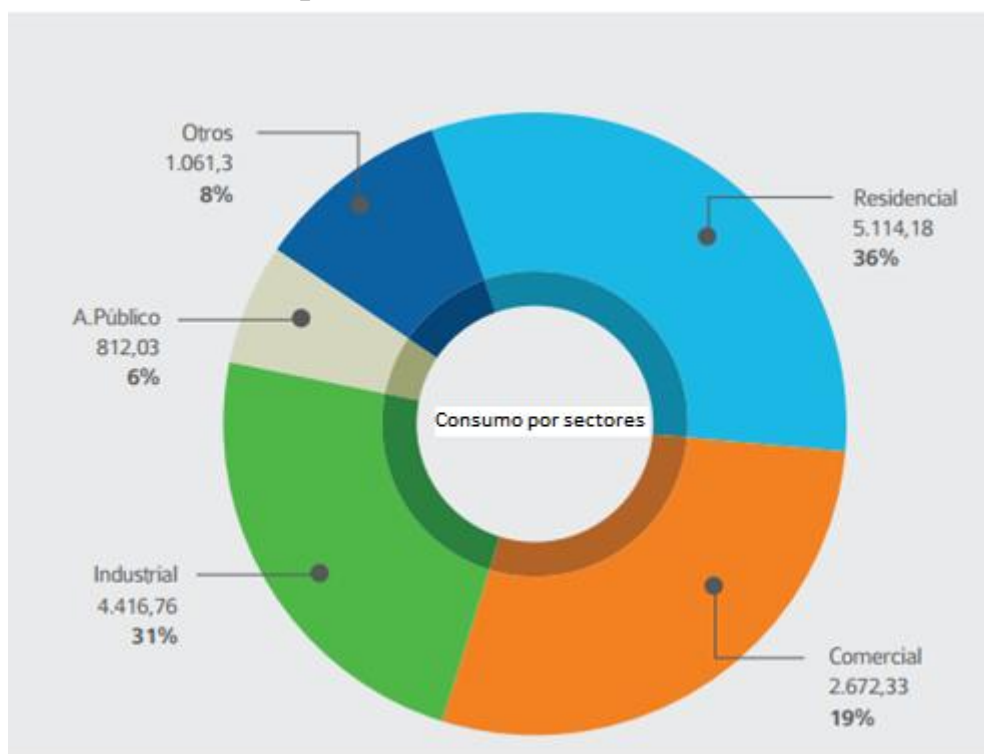


Fuente: (CONELEC 2012).

Entre los principales consumidores de energía en el Ecuador se encuentran que el sector residencial, industrial y comercial son los que más consumen en el país, sin embargo, el sector residencial es el que encabeza el listado con alrededor de un 36%.

Según el CONELEC (2012), no existen subsidios para el sector residencial de alto consumo, lo que permite concluir que se tienen en muchos casos un mal hábito de consumo, además de la utilización de equipos y electrodomésticos de baja eficiencia energética.

Figura 2. Consumo nacional por sectores GWh (2010)



Fuente: (CONELEC 2012).

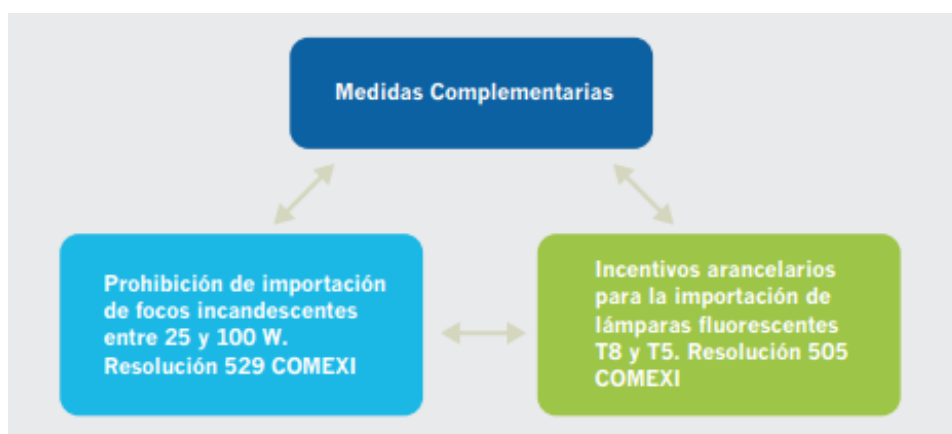
MEDIDAS IMPLEMENTADAS POR EL GOBIERNO NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

En el año 2008 comenzó la iniciativa del Gobierno Nacional a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable para sustituir y cambiar 6'000.000 focos incandescentes por focos ahorradores, proyecto que se fue implementando a todas

las provincias del Ecuador con el objetivo de disminuir el consumo de energía eléctrica y generar ahorro energético y económico. El proyecto tuvo dos etapas de distribución masiva de focos fluorescentes: la primera etapa se desarrolló en agosto del 2008 hasta diciembre del mismo año en cual se asignaron alrededor de 3'639.744 de focos ahorradores, la segunda etapa se desarrolló desde abril hasta octubre de 2009 con una asignación de 2'125.728 de focos ahorradores que se implementaron en la mayoría de provincias del Ecuador. (CONELEC 2012).

Los resultados del cambio de focos incandescentes por focos ahorradores logró una disminución de 541.5 MWh/año que con el fin de asegurar el proyecto en el país se suspendió a partir del primero de enero del 2010 la importación de focos incandescentes para uso residencial entre una potencia de 25W a 100W, y se promovió la importación de focos fluorescentes con incentivos arancelarios para focos T8 y T5 como medida complementaria (CONELEC 2012).

Figura 3. Medidas complementarias implementadas (iluminación)



Fuente: (CONELEC 2012).

1.2.3. Marco conceptual

1.2.3.1. Lámparas Incandescentes.

Desde su creación en 1879 por el científico Thomas Alba Edison las lámparas incandescentes han experimentado una evolución continua, tanto en su forma como en su rendimiento. Al principio del siglo diecinueve, las lámparas incandescentes se constituyeron en gran parte de la iluminación del mundo por ser confiables y brindar una gran iluminación para hogares y oficinas. Sin embargo, al pasar de los años han sido reemplazados por lámparas de mejor calidad lumínica que tienen un menor consumo de energía. Un claro ejemplo de estas lámparas son las denominadas incandescentes halógenas y las lámparas fluorescentes o ahorradoras. Se estima que una lámpara incandescente normal tiene una vida útil de alrededor de unas 1000 horas ofreciendo un rango de 25 hasta 1000 watts, siendo su característica principal su facilidad y su bajo costo de adquisición y no requieren accesorios adicionales para su correcto funcionamiento (Enríquez. 2000).

Elementos constitutivos

Según Lladonosa, (2004). Las lámparas Incandescentes están formadas por los siguientes elementos principales:

Filamento:

Están formados por un conductor de Wolframio cuya temperatura de fusión es de aproximadamente 3400 grados centígrados.

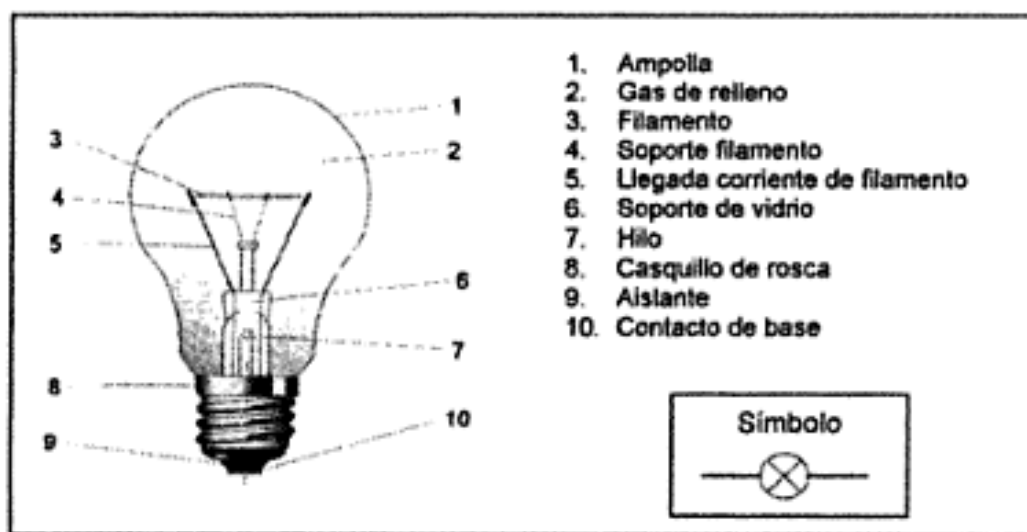
Ampolla:

La ampolla que constituye una lámpara incandescente es de vidrio soplado rellena de gas inerte, cuya función principal junto con el casquillo es de proteger al filamento del medio ambiente y disipar el calor generado por los conductores de Wolframio o Tungsteno.

Casquillo:

La función principal del casquillo es de ser un medio conductor de la electricidad que requiere la lámpara con la red de alimentación (Lladonosa, 2004).

Figura 4. Elementos de un foco incandescente.



Fuente: (Lladonosa, 2004).

- Funcionamiento de Lámparas incandescentes.

El principal funcionamiento de las lámparas incandescentes se basa en la aplicación de una corriente eléctrica que lleva a la incandescencia los filamentos de Wolframio o Tungsteno. Con el objetivo de que no se quemara el filamento, se añade un bulbo al vacío dentro del cual se encuentra gas inerte que puede ser argón o criptón (Enríquez. 2000).

1.2.3.2. Lámparas de vapor de mercurio.

Este tipo de lámparas se dividen en lámparas fluorescentes de baja presión y lámparas fluorescentes de alta presión.

Las lámparas fluorescentes de baja presión son lámparas que contienen aproximadamente de 0,8 Pa, en estas condiciones en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioleta para lo cual el tubo interior del foco es recubierto de polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en rayos visibles (de la composición de los polvos fluorescentes dependerá la calidad de la luz). Las lámparas fluorescentes no contienen ampolla exterior, están formados por un tubo cilíndrico de diámetro y longitud normalizada, en sus extremos se localizan dos casquillos donde se alojan los electrodos. Además de contener el mercurio de baja presión contienen gases inertes que sirven para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones (SMADF.2002).

Lámparas fluorescentes de alta presión son aquellas que tienen forma de globo elipsoidal y dentro de ella se halla un tubo de descarga de cuarzo, con dos electrodos:

dicho tubo contiene el vapor de mercurio en alta presión. El encendido se efectúa por medio de dos electrodos de encendido directamente a la tensión de 110 V. (Senner,A, 1994).

1.2.3.3. Lámparas Fluorescentes.

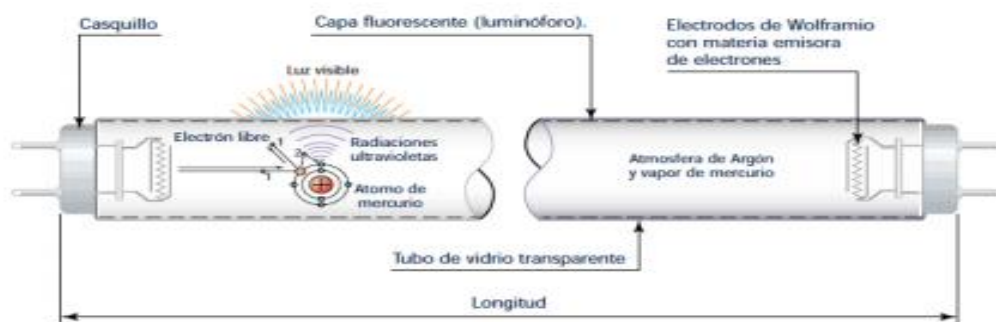
El desarrollo de las lámparas fluorescentes se inicia a principios del siglo veinte con el descubrimiento teórico de su funcionamiento, a través de la emisión de radiación ultra violeta con vapor de mercurio y compuestos fluorescentes. Las lámparas fluorescentes se encuentran en la categoría de lámparas de descarga eléctrica siendo su principal diferencia con respecto a las lámparas incandescentes, que la luz generada al pasar la corriente eléctrica a través de una atmósfera con vapor de mercurio ionizado produce un fenómeno de fluorescencia y una iluminación con luz blanca .

- Partes constitutivas de las lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes están formadas principalmente por un tubo de vidrio cerrado al vacío recubierto en sus paredes internas con sustancias fluorescentes, fósforo en polvo y dos pequeños filamentos de tungsteno situados en los extremos del tubo, dichos filamentos se encuentran recubiertos con óxidos de calcio estroncio y bario. Además los tubos se encuentran rellenos de gases inertes que por lo general es argón y una pequeña cantidad de vapor de mercurio, que ayuda como conductor (al enfriarse se lo puede observar como pequeñas gotas). (Martínez, 2003).

Los filamentos que se encuentran en los extremos del tubo se encuentran rodeados por un anillo metálico, cuya función es dirigir el flujo de electrones longitudinalmente. Como elementos adicionales encontramos el balasto y el cebador, el balasto es una bobina de hilo de cobre cuya principal función es producir una sobretensión necesaria para el encendido. El cebador es una ampolla de vidrio llena de neón a baja presión que ayuda al calentamiento de los filamentos metálicos (Martínez, 2003).

Figura 5. Partes constitutivas de las lámparas fluorescentes.



Fuente: Luminotecnia, 2002.

- **Funcionamiento de las Lámparas Fluorescentes.**

El funcionamiento de las lámparas comienza con el calentamiento de los filamentos producido por el paso de la corriente eléctrica ayudado por el balastro y el cebador, lo que produce, por un lado la vaporización del mercurio y la emisión de electrones por parte de los filamentos. Los electrones excitados chocan con el vapor de mercurio que se encuentra en el interior del tubo fluorescente haciendo saltar sus electrodos periféricos, lo que produce una radiación ultravioleta constante, dicha reacción no es visible para el ojo humano por lo que se utiliza el material fosforescente

que recubre al tubo en su pared interior, la reacción con el fósforo produce una luz visible para el hombre. (Martínez, 2003).

- Tipos de lámparas fluorescentes.

Según Martínez (2013), las lámparas más utilizadas son:

Tubos luminosos de neón: Son utilizados en la industria comercial para la presentación de anuncios luminosos.

Tubos fluorescentes de arranque rápido: son tubos fluorescentes que no requieren de un cebador para el calentamiento, contienen un componente electrónico que aumentan los hertzios lo que permite el arranque rápido.

Lámparas fluorescentes compactas: Lámparas fluorescentes compactas o LFC (fluorescent compact lamp).

Las lámparas fluorescentes compactas o más conocidas en el Ecuador como los focos ahorradores también se las conoce como lámparas ahorradoras de energía, lámpara de luz fría, lámpara de bajo consumo o ampolleta fluorescente. Su principal característica es que lleva incorporado un equipo de arranque electrónico rápido y dispone de un casquillo estándar que se conecta a los portalámparas, de ahí su funcionamiento es similar a la de una lámpara fluorescente normal (Martínez, 2003).

1.2.3.4. Comparación de una lámpara fluorescente con una lámpara incandescente.

Una de las principales diferencias entre las lámparas fluorescentes y las incandescentes es el tiempo de vida, las fluorescentes tienen un promedio de vida de alrededor de unas 6000 horas mientras que las incandescentes su promedio de duración llega a las 1000 horas. Las lámparas fluorescentes son más costosas que las incandescentes pero pueden producir una mejor calidad lumínica y no emiten tanto calor, además el ahorro de energía es notable, por ejemplo, un tubo fluorescente de 18W proporciona más luz que 3 focos incandescentes de 40W (Gutiérrez y Cánovas. 2009).

Tabla 2. Comparación de lámparas incandescentes con lámparas fluorescentes por consumo

Artefacto	Potencia (en Watt)	Consumo (en kWh)
Lámpara Dicroica	23	0,023
Tubo Fluorescente	40	0,050
Tubo Fluorescente	30	0,040
Lámpara Fluorescente Compacta 7 w	7	0,007
Lámpara Fluorescente Compacta 11 w	11	0,011
Lámpara Fluorescente Compacta 15 w	15	0,015
Lámpara Fluorescente Compacta 20 w	20	0,020
Lámpara Fluorescente Compacta 23 w	23	0,023
Lámpara Incandescente 40 w	40	0,040
Lámpara Incandescente 60 w	60	0,060
Lámpara Incandescente 100 w	100	0,100

Fuente: Secretaría de Energía de la República de Argentina. 2013

1.2.3.5. Cantidades de Mercurio presente en un foco fluorescente.

La Norma INEN 2632:2012. Disposición de productos. Lámparas de descarga en desuso. Requisitos. Menciona que la cantidad de mercurio permitida en Ecuador no puede sobrepasar los 35 mg por cada lámpara fluorescente de peso medio de 200g.

Tabla 3. Concentraciones de los elementos que revisten de peligrosidad en las lámparas de descarga, expresada en gramos por unidad.

Contenido	Lámparas de vapor de mercurio de alta presión (peso medio 300g)	Lámparas fluorescentes (peso medio 200g)	Lámparas de sodio de alta presión (peso medio 300g)	Lámparas de halogenuros metálicos (peso medio 150g)
Mercurio	0,06	0,035	0,06	0,045
Plomo	1,35	0,0104	0,6	0,45
Itrio	0,36	0,126	0,012	0,105
Tierra raras	0,039	0,08	0,003	0,0045
Antimonio		0,03		
Bario	0,006	0,06	0,126	0,003
Estroncio	0,15	0,28	0,09	0,0015

Fuente: Norma INEN 2632:2012.

1.2.3.6. El Mercurio.

El mercurio (Hg) es un metal que a temperatura ambiente tiene la característica de ser líquido, se funde a 38,9 grados centígrados y hierve a 357 grados centígrados. Las gotas de mercurio tienen una apariencia redonda cuando se encuentran a temperatura ambiente, tiene gran movilidad y puede combinarse con otros metales como el estaño, cobre, oro y plata para formar aleaciones o más conocidas como soluciones sólidas llamadas amalgamas (con excepción del hierro que no puede formar amalgamas con el mercurio). La densidad del mercurio es de 13,5 g/cm³ a 5 grados

centígrados, además el mercurio tiene la mayor volatilidad de cualquier metal formando un gas incoloro e inodoro (INEN, 2632:2012).

- Ciclo Natural del Mercurio.

El mercurio terrestre tiene un origen magmático, según varios autores el mercurio proviene de la desgasificación a lo largo de fallas profundas de la corteza terrestre, de esta manera se inicia su ciclo natural, pasando por primera instancia por la corteza terrestre luego pasa por el aire siguiendo al agua y termina en el aire, para pasar posteriormente a través de diversos fenómenos fisicoquímicos a las plantas y a los animales y por último al hombre por la cadena alimenticia (Rodríguez. y Doimeadios 2000).

El estado de oxidación Hg^{2+} es uno de las formas más estables del mercurio, en aguas oceánicas el mercurio lo encontramos en forma de cloruro de mercurio $[HgCl_2]$, la mayoría de transformaciones que se produce entre los distintos estados de oxidación tienen que ver con la presencia de microorganismos. El mercurio es emitido a la atmósfera a partir de fuentes naturales y en especial por fuentes antropogénicas en forma de vapor de mercurio. En la atmósfera el mercurio se encuentra con las lluvias que lo ayudan a depositarse en los cuerpos de agua y en los sedimentos desde donde es metilado y luego bioacumulado en los organismos. (MAE, 2008).

- Toxicidad del Mercurio en el Ambiente y en los Organismos Vivos.

El mercurio es un elemento muy tóxico en grandes cantidades, en especial en estado de vapor. El mercurio elemental ingerido por vía bucal no causa daño, si se

inhala la misma cantidad de vapor de mercurio se forman aluminatos que se distribuyen en todo el sistema circulatorio causando severos daños al sistema nervioso. El metilmercurio causa efectos cancerígenos, mutaciones en los organismos vivos, es un veneno celular de gran potencia que provoca la desintegración de los tejidos y la inhibición de los sistemas enzimáticos en forma permanente (Baldo y García. 2005).

El caso más conocido de contaminación de mercurio ocurrió en el año de 1953 en Japón en la bahía de Minamata en donde los habitantes enfermaron gravemente por consumir pescado contaminado con altos niveles de metilmercurio el cual estaba siendo emitido por una industria química que laboraba en las cercanías de la bahía. Las investigaciones llevadas a cabo a partir de esta tragedia dieron como resultados la peligrosidad del mercurio en los organismos y su capacidad de acumularse a través de la cadena trófica. (Baldo y García. 2005).

- Exposición y efectos en la salud humana y en los animales.

Los efectos del mercurio en animales muestran afecciones a los riñones, hígado, cerebro, pulmones y colon. También se determinó que tiene propiedades mutagénicas y afecta gravemente al sistema inmune. Conejos expuestos durante un período de 4 horas al vapor de mercurio a una concentración de $28,8 \text{ mg/m}^3$ desarrollaron daños graves a los riñones, sistema nervioso central, pulmones y corazón, lo que determinó que el mercurio es un elemento tóxico y letal para cualquier animal al grado de afectar permanentemente el funcionamiento del organismo animal. (INEN 2632:2012)

Los efectos del mercurio en los seres humanos causan deterioro en el sistema nervioso central y periférico, afecta gravemente los pulmones, riñones, piel y ojos

también es mutagénico y deteriora gravemente al sistema inmunológico. Las exposiciones del vapor de mercurio causan daños irreparables al sistema respiratorio, mientras la exposición crónica al mercurio esta también asociada a afectaciones al sistema nervioso. Entre los daños crónicos que produce el mercurio tenemos neumonitis intersticial, decoloración de la córnea, temblores, dolores intensos localizados en el pecho, estómago y cabeza, vómito. En otros casos agudos, produce pérdida frenética de peso, perturbación a la función intestinal, temblores generales del cuerpo y espasmos. (INEN 2632:2012).

- Medición de Mercurio en el Agua.

Según los estándares y métodos estandarizados y normalizados APHA (American Public Health Association), las sales orgánicas e inorgánicas del mercurio son tóxicas para el ambiente y su presencia en el agua debe de ser controlada. Debido a que la solubilidad del mercurio es muy baja, las muestras de mercurio se pueden perder fácilmente por lo tanto, es necesario tratar el agua que contenga el mercurio con HNO_3 para reducir el pH de 2 a 3 a fin de lograr que el mercurio se precipite. El principio de medición del mercurio se lo realiza a través del espectrofotómetro con el método de absorción atómica de vapor frío.

1.2.3.7. Tecnología de la Solidificación e Inertización.

El objetivo principal de esta técnica es compactar el residuo tóxico e impedir que se transfiera o interactúen sus contaminantes con el medio ambiente. En la parte práctica esta técnica se lleva a cabo en diferentes pasos:

- Producir un sólido.

- Mejorar las características de manejabilidad del residuo
- Disminuir el área superficial de contacto del contaminante y su interacción con el medio

Para que pueda cumplir con estas características, el sólido que se consolide debe tener las siguientes características

- Poseer una mínima permeabilidad, es decir que sea resistente al paso del agua de lluvia o de cualquier otra fuente para que no penetren íntegramente al sólido.
- Resistente y duro que soporte las condiciones ambientales en el exterior sin que su estructura de vea afectada.
- Mínima producción de lixiviados no debe de ser inflamable, ni biodegradable, ni combustible, ni que tenga ninguna reacción química con su medio es decir inerte, ni producir olores y poseer elevada resistencia de compresión.(Baldo y García. 2005).

Una clara ventaja de esta técnica es que puede ser utilizado como un recipiente que contenga al contaminante a través del tiempo sin riesgo al ambiente, hasta que la tecnología permita recuperar ciertos elementos que en la actualidad. Como en algunos casos metales pesados en los cuales actualmente su recuperación es técnica y económica inviable (Baldo y García. 2005).

Según Abburá, et ál, 2009 la solidificación es un método de tratamiento configurado para modificar y mejorar las características físicas de manipulación y seguridad de cualquier residuo peligroso, o modificar las características físicas,

químicas o biológicas de modo de transformar un tóxico a no peligroso o menos peligroso. Además transforma un residuo peligroso para que sea más fácil su manipulación, transporte y disposición final y hacerlo más seguro para el ambiente o incluso encontrar una nueva utilización.

La estabilización e inertización es una técnica aplicada para reducir el peligro potencial de un residuo, transformando el contaminante en una forma menos soluble, menos móvil y disminuir su interacción con el medio. Mientras que la encapsulación es un proceso que incluye el recubrimiento total de un residuo tóxico con un aglomerante (aditivos generales o aglutinantes específicos con agregados finos y gruesos) (Baldo y García. 2005).

Cementación.-

Es aquella en la cual se mezcla materiales contaminados en una relación apropiada con el cemento, por lo general en esta técnica se utiliza el cemento tipo Portland y también elementos que ayuden a aumentar la resistencia de compresión de la mezcla que se desea obtener. El cemento portland es un elemento constituido por una mezcla de calizas y arcillas y otros componentes normalizados y es muy utilizado para estabilizar residuos contaminados con metales pesados. La hidratación es muy importante al momento de realizar esta técnica, debido a que el cemento se mezcla con agua y otros elementos, dependiendo de la forma física del residuo como agua contaminada o lodos, se obtendrá una masa dura monolítica de aspecto rocoso resistente. La dureza de la masa dependerá de la proporción de la mezcla y de los materiales utilizados para la misma. Este proceso se aplica con el uso de cemento con

materiales agregados, el contaminante y agua que determinarán el tiempo de fraguado. Las características del vertido y las propiedades del material resultante darán como resultado el residuo tratado (Baldo y García. 2005).

Ensayo de Lixiviación (TCLP)

El test de Lixiviación o conocido también por sus siglas en Inglés TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) es un procedimiento regularizado por la EPA (Environmental Protection Agency) cuyo objetivo principal es determinar las características tóxicas por lixiviación de un residuo, sea este líquido, sólido o una mezcla de estas fases, de esta manera a través de un procedimiento practicado a una muestra de lixiviado obtenido a través de estándares normalizados se sabrá la cantidad tóxica del sustrato. Dependiendo de la naturaleza del sustrato a analizar y la naturaleza del tóxico (volátil o no volátil) existen varias opciones de procedimiento que por lo general consisten en un pre tratamiento de la muestra que obedecerá de la cantidad de sólido presente en la misma. (US EPA, 1991).

Una vez tratada la muestra se procederá a sumergirla en diferentes sustancias tanto ácidas como básicas o una sustancia lixivante con una agitación constante, posteriormente se filtrara la muestra a través de un filtro de fibra de vidrio en donde los sólidos de la filtración son descartados y el sustrato filtrado será el lixiviado. (US EPA, 1991).

1.2.4. Hipótesis.

La Propuesta de Inertización y Solidificación de focos fluorescentes en desuso, almacenados en el Centro de Educación y Gestión Ambiental (CEGAM), contribuirá a la adecuada gestión de los residuos tóxicos peligrosos existentes en los focos fluorescentes en desuso.

1.2.5. Identificación de Variables.

Para el presente estudio las variables independientes corresponden a la existencia, tanto en número como en calidad, de lámparas fluorescentes en desuso que se encuentren en el Centro De Gestión y Educación Ambiental. Las variables Dependientes corresponden a la gestión que se realice con el procedimiento de la inertización y la solidificación, tanto en los porcentajes de mezcla, aditivo como aglomerante y el nivel de calidad de la solidificación e inertización.

CAPÍTULO II. MÉTODO

La presente investigación tiene la finalidad de desarrollar una propuesta de tratamiento para los componentes de las lámparas fluorescentes en desuso utilizando la técnica de la solidificación y la inertización, haciendo un mayor énfasis al mercurio que constituye el elemento más tóxico presente en las lámparas. Con esta información se aplicó la metodología que se describe a continuación.

Para la realización de la propuesta de tratamiento se utilizó una resistencia de 210 kg/cm² de hormigón debido a que es una resistencia lo suficientemente óptima para cumplir con las necesidades de la técnica de la solidificación y la inertización. La dosificación propuesta para los componentes tradicionales del Hormigón (cemento, agua, agregado fino y grueso), así como el valor de la resistencia, se basaron en los estudios realizados por Chacón y Lema 2012 y adaptados para el presente estudio.

Para la investigación se utilizó tres mezclas diferentes basadas en la misma dosificación, en donde la primera mezcla se denominó testigo, la cual está compuesta por componentes tradiciones y es utilizada como estándar de comparación tanto en resistencia como en forma con respecto a los hormigones restantes.

Con respecto a las dos mezclas siguientes fueron formuladas con los elementos tradicionales del hormigón más vidrio molido y mercurio retenido en agua proveniente de los focos fluorescentes en desuso, desacuerdo en los ensayos APHA como se describe posteriormente. Sin embargo para que no se alteré la dosificación de los hormigones con respecto al testigo se disminuyó la cantidad de agregado fino en peso y

se la completó con vidrio molido, de esta manera se obtuvo un hormigón vidrio de 50% (50% vidrio y 50% de agregado fino) y un hormigón vidrio de 75% (75% vidrio y 25% de agregado fino).

Estos valores de hormigón vidrio tanto de 50% y 75% fueron tomados debido a que cada lámpara fluorescente tienen el mismo peso aproximado y la misma cantidad de mercurio determinada por el fabricante, de esta manera el mercurio presente en cada lámpara es mínimo por lo que se quiere obtener un valor representativo y medible de este elemento retenido en el agua, es decir entre más focos se trate mayor es la cantidad de mercurio presente en el agua, por ello los valores de 50% y 75% de vidrio representan al número de focos que se va a tratar y determinará la cantidad de mercurio que se encuentre en el agua.

Ahora bien, el agua es un elemento muy importante para la formación del hormigón debido a que es la sustancia que hidrata la mezcla, por esta razón se ha optado por conservar esta sustancia y se ha preferido adaptarla para que pueda retener la mayor cantidad de mercurio posible, reduciendo su pH de 2 a 3 con HNO_3 que obligue a este metal pesado a precipitar (sabiendo que el mercurio es un elemento muy poco soluble en el agua), este procedimiento se basó en los estándares y métodos estandarizados y normalizados APHA para preservación de muestras de agua con mercurio. Se recomienda que el ácido nítrico se encuentre disuelto al menos en un 40% debido a que el objetivo principal es de acidificar el agua lo que permite una manipulación más segura.

De esta manera se sumergirán los focos fluorescentes en desuso en un volumen de agua acidificada y se los romperá para obligar al mercurio a salir y precipitar dentro del agua. El volumen de agua obtenido que se empleará para el procedimiento está basado en la dosificación para obtener un hormigón de $210\text{kg}/\text{cm}^2$ dicho volumen será constante y se utilizará en las tres mezclas.

Finalmente, se obtendrá tres tipos de hormigón que se los someterá a pruebas de compresión para saber su resistencia, además con las dos mezclas de hormigones con vidrio se someterá a ensayos de lixiviación para saber la cantidad de mercurio que se espera retengan en diferentes tiempos de curado.

2.1. Nivel de estudio

La investigación experimental consistió en la manipulación de una variable experimental no controlada, en condiciones controladas. De esta manera para determinar el número de focos que se triturará y el volumen de agua a utilizarse estarán basados en la dosificación de un hormigón de $210\text{kg}/\text{cm}^2$ de resistencia.

Además como se quiere saber la resistencia a la compresión de las tres mezclas de hormigón se necesita realizar cilindros de hormigón estandarizados, mínimo dos cilindros por edad de curado (7, 14 y 21 días) basados en los procedimientos de la Norma NTE INEN 1576 "Hormigón de cemento Hidráulico: Elaboración y curado en obra especímenes para ensayo"

2.2. Modalidad de investigación

- **CAMPO.**

La investigación de campo para la obtención de información sobre los focos fluorescentes, cantidad, marca y tipo se la realizó en el CEGAM, enfocándose principalmente en el foco estandarizado T12 (longitud de 120cm) debido a que son los focos con mayor contenido de mercurio.

- **RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

Se obtuvo información específica y detallada sobre las características de los focos fluorescentes en desuso que se encontraban en el CEGAM lo cual incluía número, tipo de focos, características actuales, tipo de tratamiento para el mercurio volátil, condiciones de la disposición final en depósitos o rellenos, etc.

Duración: Conforme a la planificación aprobada anteriormente, esta actividad tuvo una duración de 5 meses aproximadamente (Marzo – Julio 2013), en los cuales se visitaba 2 veces al mes las instalaciones del CEGAM a fin de obtener la información indicada anteriormente.

Figura 6. Fotografías de las visitas al CEGAM



Autor: Mena, 2013

2.3. Procedimiento.

Una vez que se obtuvo los focos fluorescentes en desuso provenientes del CEGAM se procedió a romper los focos sumergiéndolos en agua acidificada con ácido nítrico, y la con ayuda de un recipiente de rotura; como se requiere obtener dos tipos diferentes de mezclas de hormigón se realizó dos roturas independientes, siendo la única variación el número de focos a utilizarse. De esta manera para mantener el mismo etiquetado que las mezclas de hormigón se denominó a la primera rotura como agua a 50% en la cual se rompió 24 focos fluorescentes en 4 litros de agua acidificada y el resultado servirá como componente para la mezcla del hormigón vidrio de 50%.

A su vez, la segunda rotura se denominó como agua a 75% en la cual se rompieron 36 focos fluorescentes en 4 litros de agua acidificada y el resultado sirvió como componente para la mezcla del hormigón vidrio de 75%.

Para facilitar la manipulación del vidrio molido en la fase de rotura se utilizará una malla plástica como tamiz en el agua, el cual ayudará a retirar el exceso de vidrio que se encuentre en el recipiente. Una vez terminada la fase de rotura se procederá a recoger tanto el agua como el vidrio. Con respecto al vidrio se lo tritura y se lo utilizará posteriormente como agregado para el hormigón, mientras el agua además de ser utilizada para la mezcla de hormigón se la mandará a analizar en un laboratorio acreditado para saber la cantidad de mercurio que se logró retener.

A continuación se explica de una forma más detallada los materiales y el procedimiento.

Recipiente de Rotura.

Una parte importante de este estudio es el desarrollo y construcción del recipiente de rotura, dicho diseño se basó en una constante experimentación previa y recopilación de datos para el mejoramiento y funcionamiento óptimo del mismo, debido a lo cual el recipiente de rotura tenía que ser lo suficientemente duro y resistente que pueda soportar la implosión causada por la rotura del foco fluorescente en desuso y el golpe de varilla que causa la rotura. Además debe tener una cubierta o tapa de protección para evitar el salto de los vidrios al momento de la rotura.

Debe ser lo suficientemente grande para albergar los 4 litros de agua y tener una longitud mínima de 1,30m que permita el ingreso de los focos en forma horizontal. Así también, tiene que ser estable para evitar el desequilibrio, y finalmente debe ser impermeable.

Materiales.

- Para el experimento se utilizó 2 tubos PVC industriales de 6 pulgadas de diámetro (15,2 cm) con una longitud de 1,35m cada uno.
- 4 Tapas de tubos PVC de 6 pulgadas
- 7 metros de caucho en U
- Silicona industrial impermeabilizante
- Goma pegante para tubos PVC
- 4 trozos de madera lisa de 60cm de largo y 20 cm de ancho
- 4 bisagras con su respectivas tornillos y rodela
- Manija y agarradera

Construcción del recipiente de Rotura.

- Una vez adquirido el tubo PVC de 6 pulgadas de diámetro y 1,35 metros de longitud se cortará verticalmente los tubos por la mitad
- Se colocan las bisagras en cada extremo perimetral de los tubos de PVC para formar 2 recipientes con tapas.

Figura 7. Recipiente de rotura



Fuente (Mena, 2013)

Se cortó longitudinalmente las tapas de los tubos PVC en la mitad para que puedan calzar en los tubos cortados, pegándoles con la goma pegante de tubos PVC.

Figura 8. Extremos del tubo PVC



Fuente (Mena, 2013)

Se cortó el caucho en U y se colocó longitudinalmente en cada uno de los filos de los tubos PVC, con el objetivo de que al cerrarse los tubos los cauchos se besen y ayuden a la impermeabilización del recipiente.

Figura 9. Impermeabilización del recipiente



Fuente (Mena, 2013)

Además se colocó la silicona alrededor de las tapas para impermeabilizar y evitar cualquier fuga

Figura 10. Impermeabilización de las tapas



Se colocó una agarradera y una manija que ayude a cerrar y abrir los tubos.

Figura 11. Manija del recipiente



Fuente (Mena, 2013)

Se instalaron vigas de madera en la parte inferior del recipiente, como se muestra en la gráfica, mediante pernos y rodela a fin de que contribuyan al equilibrio estable del recipiente y no se produzca volteo.

Figura 12. Vigas de madera



Fuente (Mena, 2013)

En la parte superior de las tapas se realizó dos orificios rectangulares de (6cm por 4cm), los cuales sirven para introducir las 2 vigas de madera que ayudan a sumergir el foco fluorescente y mediante golpes a romperlos.

Figura 13. Orificios para vigas



Fuente (Mena, 2013)

3.8.3 Mallas plástica industrial.

La malla plástica industrial es una herramienta que sirve como tamiz o cernidor para extraer los focos fluorescentes en exceso.

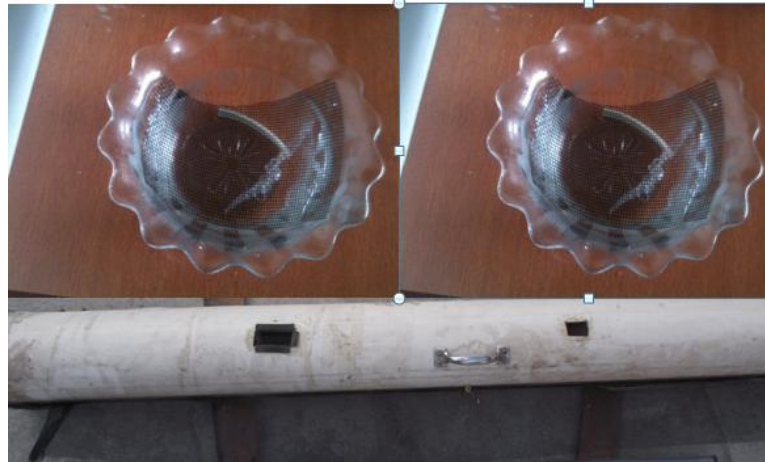
Figura 14. Malla



Fuente (Mena, 2013)

Para lo cual se probó la resistencia de la malla plástica industrial sumergiéndola en agua con un pH de 2,5 por 12 horas, el cual simula las condiciones en las cuales se va a trabajar en el momento del experimento. Después de 12 horas se determinó su resistencia física en un medio ácido.

Figura 15. Ensayo de resistencia de malla plástica



Fuente (Mena, 2013)

Otras de las ventajas de la malla plástica industrial son su suavidad y fácil manipulación, para lo cual se la moldeo a la longitud y al perímetro de recipiente de rotura para ser utilizado como tamiz.

RUPTURA DE FOCOS.

Materiales.

- Recipiente de rotura
- Al menos 60 Tubos Fluorescentes T12 en desuso
- 4 vigas de madera de 1,50 m de alto y 3 centímetros de diámetro

- Malla plástica industrial
- Cordeles
- Medidor de pH y conductividad eléctrica (Marca HACH sensnion 156)
- 2 recipientes de 4 litros para trasportar el agua con mercurio
- 2 recipientes plásticos de 10 litros para trasportar los vidrios
- 2 m² de plástico negro industrial
- 2 recipientes de 100ml para trasportar el agua con mercurio para las pruebas de laboratorio.
- Varilla de agitación de vidrio

Materiales de Seguridad.

- Mandil de laboratorio
- Mascarilla especial para metales pesados
- Guantes
- Guantes industriales de caucho
- Gafas de protección.

Reactivos.

- Ácido nítrico 40%
- 8 litros Agua potable

Preparación de materiales

Recipiente de ruptura.

- Se recomienda con un día de anticipación probar si existe fugas en el recipiente de ruptura, al ser el caso se procederá a parchar con la silicona impermeabilizante.
- Se etiquetó los dos recipientes de rotura de la siguiente manera, el primero se lo denominó 50% en el cual se romperán 24 focos fluorescentes en 4 litros de agua mientras al segundo se le denominó de 75% en el cual se romperán 36 focos fluorescentes en un volumen de 4 litros de agua.

Tubos Fluorescentes.

- Para agilizar el proceso se procedió a amarrar por pares los tubos fluorescentes en desuso con ayuda del cordel.
- Se revisó el estado de los tubos fluorescentes y se comprobó que no tengan ninguna fisura observable.

Figura 16. Focos fluorescentes



Fuente (Mena, 2013)

Desarrollo.

- 1) Una vez que el recipiente de rotura se encuentre probado que no tenga fugas existentes se llenó con un volumen de 4 litros de agua, tanto para el recipiente de 50% y 75%.
- 2) Se colocó con una pipeta volumétrica una solución de ácido nítrico al 40% que garantice el nivel de acidez requerido y con la ayuda del medidor de pH verificar un valor de 2 a 3 homogenizando continuamente con ayuda de la varilla de agitación.

Figura 17. Procedimiento colocación de ácido nítrico.



Fuente (Mena, 2013)

- 3) Se sumergió la malla plástica hasta que quede totalmente en el fondo del recipiente de rotura.

- 4) Se extendió el plástico industrial en la superficie de trabajo y en donde se van a colocar los vidrios procedentes de la ruptura de los focos fluorescentes.

Figura 18. Colocación de plástico



Fuente (Mena, 2013)

- 5) Se procedió a poner los focos fluorescentes (en pares amarrados con el cordel)
- 6) Se cerró la tapa asegurándose que los cauchos se besen para un cierre hermético.
- 7) En el recipiente de ruptura se encuentran dos agujeros en los cuales están destinados albergar a las vigas de madera, el primero sirve para sumergir los focos fluorescentes y el segundo es aquel que da un golpe físico para romperlos.

Figura 19. Ruptura de focos



Fuente (Mena, 2013)

- 1) Una vez rotos los tubos fluorescentes, se abrió la tapa y con la ayuda de la malla plástica se sacudió para escurrir la mayor cantidad de agua posible y posteriormente los vidrios rotos se colocaron en el plástico industrial.

Figura 20. Retiro de vidrios rotos



Fuente (Mena, 2013)

- 2) Se separaron los casquillos de los focos manualmente y se repitió de nuevo el procedimiento.

- 3) Cada 6 focos que se rompieron en el volumen de agua se comprobó el pH y la conductividad eléctrica, en el caso que el pH se encuentre sobre de 3,5 se agregó ácido nítrico para bajar el pH entre 2 a 3, y en el caso de la conductividad eléctrica se midió para determinar la presencia de sales disueltas.

Figura 21. Medición de pH



Fuente (Mena, 2013)

Recolección de la muestra líquida.

Una vez terminado con la rotura de todos los focos fluorescentes en desuso se procedió a recolectar las dos muestras de agua, las cuales se llevó a un laboratorio acreditado. Según las políticas internas de CORPLAB (environmental analytic service) laboratorio acreditado se requiere una muestra mínima de 100ml para la determinación del mercurio.

Para la recolección de la muestra en el recipiente de 100 ml se procedió como una muestra compuesta.

- Se homogenizó con cuidado el agua dentro del recipiente de rotura evitando que se derrame el agua.

- Se repite la homogenización con cuidado. Se tomó una muestra de la parte superior del agua contaminada con mercurio y se recolectó alrededor de 33 ml (La tercera parte del recipiente de 100ml) y se depositó en el recipiente de transporte.
- Se tomó la misma cantidad de agua, solo que esta vez se procedió a recoger en la mitad del volumen de agua del recipiente de rotura.
- Se repitió la homogenización con cuidado.

Se tomó la misma cantidad de volumen de agua, pero ahora se recogió del fondo del recipiente de rotura.

Recolección total de la muestra líquida

1. Con ayuda de un vaso de precipitación se procedió a recoger el agua que se encuentra en el recipiente de rotura y se lo depositó en el recipiente de 4 litros.
2. Se recogió tanto el agua como sólidos suspendidos producidos en el proceso.

Preparación de vidrios procedentes de los focos fluorescentes.

Materiales.

- Tarros plásticos industriales de 10 litros
- Piñón dentado de acero 12 pulgadas

- Balanza
- Molde de rotura
- Plástico Industrial

Molde de Trituración.

El molde de trituración es un instrumento que facilita el trabajo de triturar los vidrios procedentes de los focos fluorescentes, está hecho de un tubo PVC industrial de 2 pulgadas de diámetro y una longitud de 1,50 metros. El tubo debe ser cortado verticalmente en la mitad y pegado uno de los extremos con una tapa de 2 pulgadas de diámetro.

- Una vez terminado los procedimientos anteriormente mencionados se recogió todos los vidrios producidos por la rotura y se los depositó en recipientes plásticos de 10 litros destinados para este procedimiento.
- Se procedió a pesar en la balanza cada uno de los tarros.
- Los vidrios se extendieron en el plástico industrial y se los dejará en el ambiente para secarlos por alrededor de 8 horas, con el objetivo de eliminar el exceso de agua y posteriormente pesarlos para determinar la pérdida de líquido, debido a que la composición de la mezcla está hecha en base seca.

- Una vez secos los vidrios se los depositó en el recipiente de trituración y con la ayuda del Piñón dentado se los trituro
- Se repitió el procedimiento hasta que se triture lo más posible a los vidrios

Solidificación e inertización.

Materiales.

- 3 litros de Agua con mercurio de 50%
- 3 litros de Agua con mercurio de 75%
- 22 Moldes cilíndricos de Hormigón de 20cm de alto por 10cm de diámetro.
- Pala
- Varilla metálica de acero para compactación
- Dos Martillos de goma.

Materiales Constitutivos para el Hormigón.

Tabla 4. Materiales constitutivos para Hormigón Testigo

Elemento.	Peso (kg)
Agua común	3,0
Cemento	5,3
Agregado fino	11,5
Agregado grueso	19,7
Total	39,5

Fuente. (Mena, 2013)

Tabla 5. Materiales constitutivos para Hormigón de Vidrio de 50%

Elemento.	Peso (kg)
Agua con mercurio	3,0
Cemento	5,3
Agregado fino	5,7
Vidrio	5,7
Agregado grueso	19,7
Total	39,4

Fuente (Mena, 2013)

Tabla 6. Materiales constitutivos para Hormigón de Vidrio de 75%

Elemento.	Peso (kg)
Agua	3,0
Cemento	5,3
Agregado fino	2,9
Vidrio Molido	8,6
Agregado grueso	19,7
Total	39,5

Fuente (Mena, 2013)

El lugar en donde se realizó los ensayos para la fabricación de los hormigones fue en las instalaciones de la Empresa Hormisuelos CIA. LTDA. El procedimiento general se basó en la Norma NTE INEN 1576 Hormigón de cemento Hidráulico: Elaboración y curado en obra especímenes para ensayo, que se describe a continuación.

Preparación de los Moldes

- Los moldes cilíndricos para el procedimiento serán de 20cm de alto por 10cm de diámetro, el cilindro previamente debe ser limpiado y recubierto con aceite lubricante en su parte interior.

Preparación de la mezcla

Hormigón Testigo

Una vez pesados los elementos constituyentes del Hormigón según la dosificación experimental (cemento, agregado fino y agregado grueso) y tener el volumen de agua requerido, se procedió a colocar en la mezcladora industrial todos los elementos con excepción del agua, se esperó hasta que el material se homogenice bien (un tiempo aproximado de 3 minutos). Una vez que los elementos ya se encuentren homogenizados se colocó el agua tratando de hacerlo con un flujo lo más homogéneo posible en cantidades pequeñas.

Hormigón Vidrio de 50% y 75%

El procedimiento es similar al hormigón testigo tanto el cemento, agregado fino, vidrio molido y agregado grueso en las dosificaciones ya establecidas ingresarán a la mezcladora industrial. Sin embargo se tendrá precaución de no derramar el agua con mercurio.

Preparación para el molde de especímenes.

Se ha elegido la compactación por varillado debido a la disponibilidad y se describe a continuación. Se colocó la mezcla de hormigón en los moldes ya preparados en tres capas iguales, la primera capa que corresponde a la tercera parte del volumen total del molde que se compactó con la varilla metálica con un número aproximado de 15 golpes, penetrando la varilla en toda su profundidad sin dañar el fondo, además se golpeó en el exterior del molde con el martillo de goma de 10 a 15 veces.

Se siguió este procedimiento hasta terminar con la última capa que llene el molde. Una vez que se haya terminado el procedimiento con la última capa de hormigón se procedió al terminado, el cual consiste en igualar la superficie del hormigón con una paleta plana, además se colocó un poco de pasta de cemento en la parte superior hasta obtener una superficie lo más plana posible.

Se repitió este procedimiento hasta completar los 22 cilindros requeridos y una vez terminado este procedimiento se dejó que se fragüe el cemento con un tiempo aproximado de 24 horas, en cual se procedió a desencofrar las muestras de los moldes.

Curado.

El curado es una parte muy importante para el tratamiento de la muestra, el cual ayuda a hidratar el hormigón y evita que se forme fisuras. El curado elegido por disponibilidad es el curado hidráulico el cual consiste en sumergir las muestras de hormigón en piscinas de agua en condiciones controladas, de esta manera el tiempo de duración va estar determinado por el tiempo de maduración para el ensayo de resistencias que serán 7, 14 y 21 días,

Ensayo de Lixiviación (TCLP)

Los cilindros que se llevaron a COPRLAB que es un laboratorio acreditado para que realicen los ensayos de TCLP, o ensayos de lixiviación. En total se llevarón 4 cilindros en tiempos diferentes. Es decir 2 cilindros con 7 días de curado, los cuales serán Hormigón vidrio de 50% y un cilindro de Hormigón vidrio de 75%. Además al completar los 21 días de curado fueron llevados los dos cilindros restantes.

Este procedimiento se lo realiza para comprobar si el tiempo de curado afecta al proceso de solidificación e inertización del mercurio que se encuentra dentro de cada cilindro de hormigón.

Tabla 7. Cilindros de hormigón sometidos a ensayos de TCLP

Número	Cantidad cilindro	Descripción del cilindro	Tiempo de curado (días)
1	1	Hormigón vidrio 50%	7
2	1	Hormigón vidrio 75%	7
3	1	Hormigón vidrio 50%	21
4	1	Hormigón vidrio 75%	21

Fuente (Mena, 2013)

2.4. Población y Muestra.

En este caso en particular, la población para la investigación del proyecto esta limitada y definida por focos fluorescentes T12 en desuso que se encuentren en el CEGAM, además se realizó un ensayo experimental en el cual se fabricaron 22 cilindros de hormigón con distintas dosificaciones para ser ensayados a los 7, 14 y 21 días de edad de curado.

Para la determinación del número de cilindros que se utilizó en el ensayo experimental están basado el número de cilindros mínimos a utilizarse en la pruebas de resistencia a la compresión, es decir 2 cilindros por edad de curado y un cilindro para la realización del ensayo de lixiviación.

Se utilizó 3 mezclas diferentes que se explica a continuación:

Hormigón Testigo.- Se utilizó como un estándar de comparación de resistencia a la compresión con las otras mezclas. Está constituida por elementos tradicionales como cemento, agua, Agregado fino, Agregado Grueso, su dosificación estará basada para una resistencia de 210 kg/cm².

En este caso se fabricaron 6 cilindros de Hormigón Testigo debido a que se ensayaron 2 cilindros de Hormigón por cada edad de curado es decir en 7, 14, 21 días después de su desencoframiento.

Tabla 8. Número de cilindros de Hormigón Testigos

Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para pruebas de Compresión			Número Total de Cilindros
		7 Días	14 Días	21 Días	
1	TESTIGO	2	2	2	6

Fuente: Mena 2013.

Hormigón Vidrio de 50%.- Es un hormigón que se encuentra constituido por una mezcla especial basada en una resistencia de 210 kg/cm², en la cual el peso total de agregado fino se dividirá en un 50% de Arena y un 50% vidrio triturado procedente de los focos fluorescentes, además tiene agua con mercurio que se extrajo de los focos fluorescentes en desuso y finalmente cemento. (Se explica con mayor detalle en la sección de Dosificación.)

En este caso se fabricaron 8 cilindros de Hormigón de vidrio 50% debido a que se ensayaron 2 cilindros de Hormigón por cada edad de curado es decir en 7, 14, 21 días después de su desencoframiento. Además se fabricaron 2 cilindros extras para ser sometidos a los ensayos de lixiviación a los 7 y 14 días de curado respectivamente.

Tabla 9. Número de cilindros de Hormigón de Vidrio a 50%

Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para pruebas de Compresión			Total de Cilindros
		7 Días	14 Días	21 Días	
2	Cilindro de Vidrio 50%	2	2	2	6
Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para Test de lixiviación por periodo de Curado			Total de Cilindros
		7 Días	14	21 Días	
3	Cilindro de Vidrio 50%	1	0	1	2

Fuente: Mena 2013.

Hormigón de Vidrio a 75%- Es un hormigón que se encuentra constituido por una mezcla especial basada en una resistencia de 210 kg/cm², en la cual el peso total de agregado fino se dividirá en un 25% de Arena y un 75% vidrio triturado procedente de los focos fluorescentes, además tiene agua con mercurio que se extrajo de los focos fluorescentes en desuso y finalmente cemento (Se explica con mayor detalle en la sección de Dosificación).

En este caso se fabricaron 8 cilindros de Hormigón de vidrio 75% debido a que se ensayaron 2 cilindros de Hormigón por cada edad de curado es decir en 7, 14, 21 días después de su desencoframiento. Además se fabricaron 2 cilindros extras para ser sometidos a los ensayos de lixiviación a los 7 y 14 días de curado respectivamente.

Tabla 10. Número de cilindros de Hormigón de Vidrio a 75%

Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para pruebas de Compresión (Días)			Total de Cilindros
		7	14	21	
4	Cilindro de Vidrio 75%	2	2	2	6
Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para Test de lixiviación por periodo de Curado (Días)			Total de Cilindros
		7	14	21	
5	Cilindro de Vidrio 75%	1	0	1	2

Fuente: Mena 2013.

NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS

Tabla 11. Número Total de Muestras

Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para pruebas de Compresión			Total de Cilindros
		7 Días	14 Días	21 Días	
1	TESTIGO	2	2	2	6
Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para pruebas de Compresión			Total de Cilindros
		7 Días	14 Días	21 Días	
2	Cilindro de Vidrio 50%	2	2	2	6
Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para pruebas de Compresión			Total de Cilindros
		7 Días	14 Días	21 Días	
3	Cilindro de Vidrio 75%	2	2	2	6
Número	Descripción de Cilindros	Número de cilindros destinados para Test de lixiviación por periodo de Curado			Total de Cilindros
		7	14	21	
4	Cilindro de Vidrio 50%	1	0	1	2
	Cilindro de Vidrio 75%	1	0	1	2
Número Total de Cilindros a realizar					22

Fuente (Mena, 2013)

Figura 22. Cilindros de hormigón

Autor: Mena, 2013

CANTIDAD DE MERCURIO.

La cantidad de mercurio que experimentalmente se quiere tratar estará basada en la cantidad de mercurio que se encuentre en cada uno de los focos fluorescentes T12 en desuso, para lo cual se conoce la marca y el número de focos que se va a utilizar descritos en la siguiente tabla 12

Tabla 12. Cantidad total de mercurio a tratar.

Numero	Marca de Foco	Cantidad de Mercurio (mg) por foco individual	Focos Utilizados	Total (mg) Hg
1	PHILIPS	8	48	384
2	Sylvania	9	12	108
				492

Fuente (Mena, 2013)

Como un aspecto importante se explica que los datos de la tabla 12 corresponden a focos fluorescentes T12 nuevos y no en desuso por lo que se utilizará este valor como referencial.

DOSIFICACIÓN.

Para el presente estudio los valores de la dosificación de los elementos para obtener hormigón se basan en una proporción conocida y probada experimentalmente a fin de obtener cilindros de hormigón con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² tomando como referencia los estudios de Chacón y Lema 2012 y adaptado para el presente estudio.

Esta dosificación se ha escogida debido a que es una resistencia lo suficientemente aceptable para cumplir con los objetivos de la solidificación que son los siguientes:

- Producir un sólido resistente.
- Mejorar las características de manejabilidad del residuo.
- Disminuir el área superficial de contacto de la cual el contaminante pueda interactuar con el medio que lo rodee.

De esta manera se ha realizado una dosificación que contemple 22 moldes de cilindro de hormigón. Como se ha explicado en la tabla 10, van a existir 3 tipos de mezclas de hormigones en las cuales se encuentran 6 cilindros de hormigón Testigos, 8 cilindros de Hormigón vidrio de 50% y 8 cilindros de Hormigón vidrio de 75%.

Se debe recalcar que los cilindros de hormigón serán de 10cm de diámetro y 20 de alto basados en los estándares de las normas NTE INEN 1576 y la Norma ASTM C 470.

DOSIFICACIÓN TESTIGO.

La dosificación testigo es aquella que utiliza elementos estándares como son el agua, cemento portland, agregado grueso y agregado como ripio y arena.

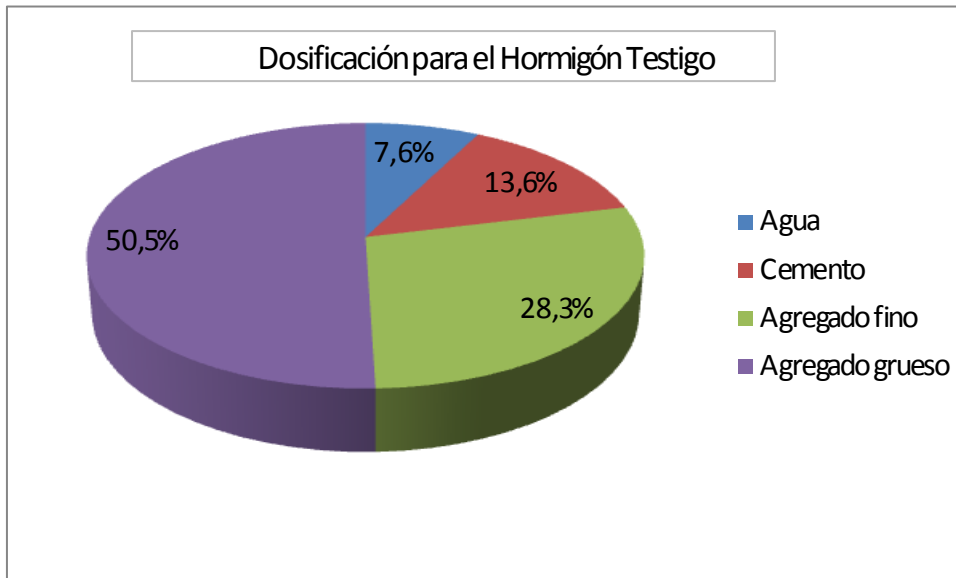
Tabla 13. Dosificación de Hormigón Testigo para 6 cilindros de Hormigón

Elemento.	Peso (kg)
Agua	2,5
Cemento	4,5
Agregado fino	9,35
Agregado grueso	16,7
Total	33,05

Fuente (Mena, 2013)

La dosificación está determinada para un volumen de $0,01 \text{ m}^3$ de Hormigón que corresponde a 6 cilindros de hormigón.

Figura 23. Dosificación Hormigón Testigo



Fuente (Mena, 2013)

DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN DE VIDRIO 50%

El hormigón de vidrio a 50% está basado en la dosificación del Hormigón Testigo lo único que cambia es el porcentaje de agregado fino por vidrio en un 50%, es decir que del peso total que se requiere de arena, de ésta se remplazara la mitad por vidrio molido procedente de focos fluorescentes en desuso.

Tabla 14. Dosificación Testigo para 8 Cilindros de Hormigón.

Elemento.	Peso (kg)
Agua	3,0
Cemento	5,3
Agregado fino	11,5
Agregado grueso	19,7
Total	39,5

Fuente (Mena, 2013).

Esta dosificación está determinada para un volumen de $0,013\text{m}^3$ de Hormigón que corresponde a 8 cilindros de hormigón.

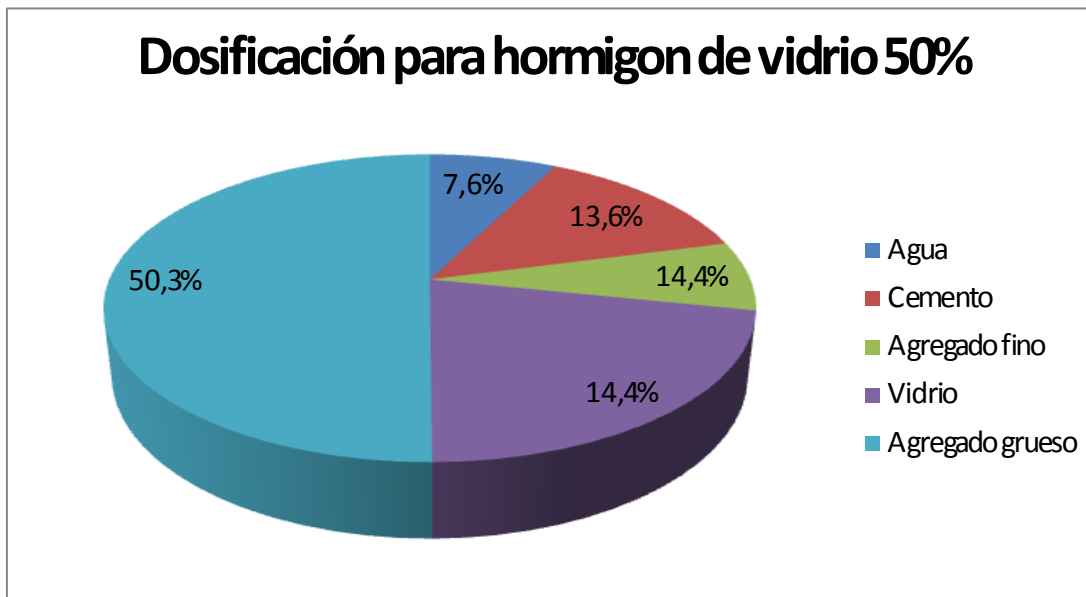
Tabla 15. Dosificación para Hormigón de vidrio 50%

Elemento.	Peso (kg)
Agua	3,0
Cemento	5,3
Agregado fino	5,7
Vidrio Molido	5,7
Agregado grueso	19,7
Total	39,4

Fuente (Mena, 2013).

Esta dosificación está determinada para un volumen de $0,013\text{m}^3$ de Hormigón que corresponde a 8 cilindros de hormigón.

Figura 24. Dosificación hormigón de vidrio 50%



Fuente (Mena, 2013)

DETERMINACIÓN DEL HORMIGÓN DE VIDRIO 75%

El hormigón de vidrio a 75% está basado en la dosificación del Hormigón Testigo lo único que se cambia es el porcentaje de agregado fino por vidrio en un 75%, es decir que del peso total que requiere de arena esta se remplazara un 75% por vidrio molido procedente de focos fluorescentes en desuso.

Tabla 16. Dosificación Testigo para 8 Cilindros de Hormigón.

Elemento.	Peso (kg)
Agua	3,0
Cemento	5,3
Agregado fino	11,5
Agregado grueso	19,7
Total	39,5

Fuente (Mena, 2013)

Esta dosificación está determinada para un volumen de 0,013m³ de Hormigón que corresponde a 8 cilindros de hormigón.

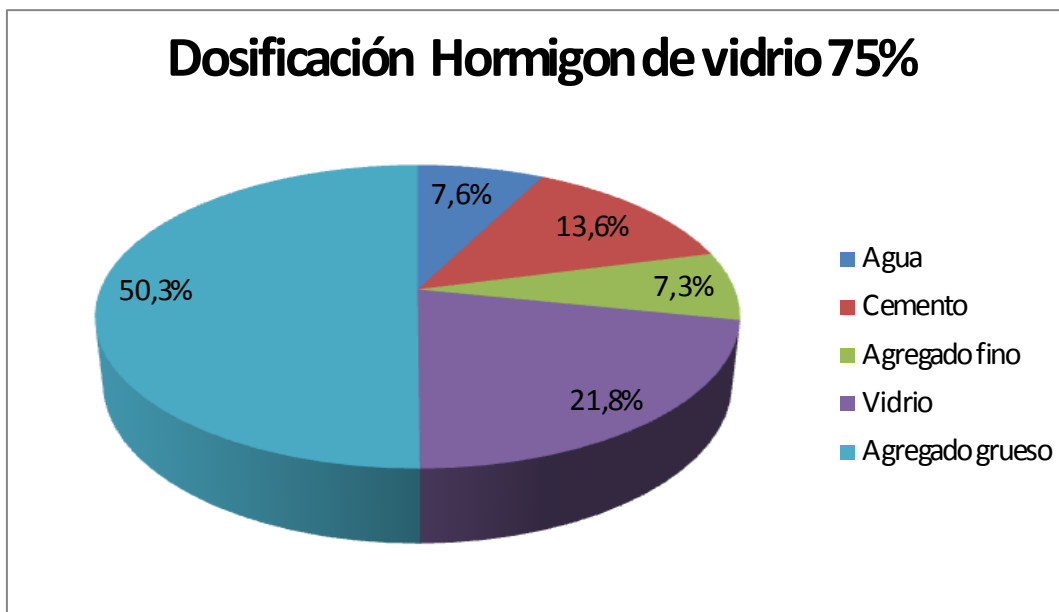
Tabla 17. Dosificación para Hormigón de vidrio 75%

Elemento.	Peso (kg)
Agua	3,0
Cemento	5,3
Agregado fino	2,9
Vidrio Molido	8,6
Agregado grueso	19,7
Total	39,5

Fuente (Mena, 2013)

Esta dosificación está determinada para un volumen de 0,013m³ de Hormigón que corresponde a 8 cilindros de hormigón.

Figura 25. Dosificación Hormigón de vidrio 75%



Fuente (Mena, 2013)

CANTIDAD DE AGUA A UTILIZAR PARA LA ROTURA DE FOCOS.

Para la determinación de la cantidad de agua a utilizar en la rotura de los focos tanto para el hormigón vidrio de 50% y 75% está basada en la dosificación de 8 cilindros de hormigón de 210 kg/cm^2 , que corresponde a 3 litros de agua.

Por precaución se utilizó 4 litros de agua en cada uno de los procesos de rotura para compensar la pérdida de agua por derrame que se produjo en el proceso.

NÚMERO DE FOCOS FLUORESCENTES EN DESUSO A ROMPERSE.

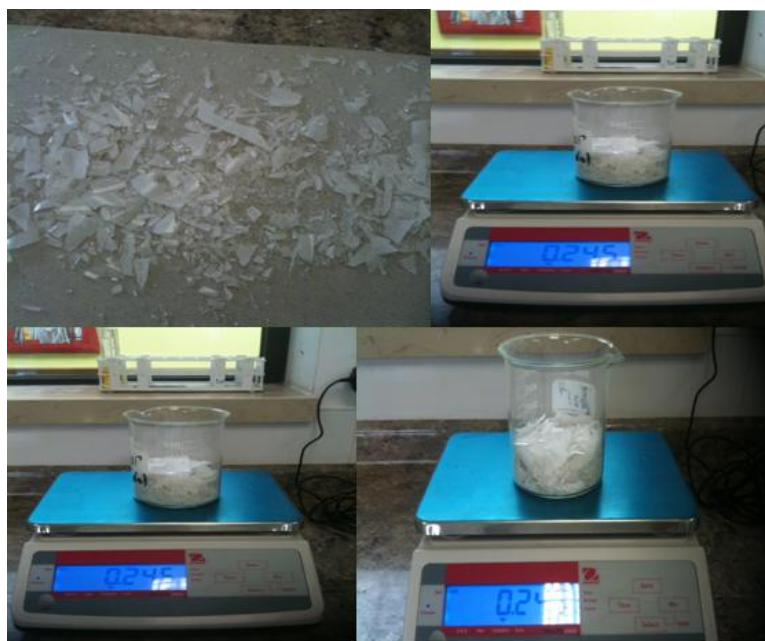
A pesar de ser los focos estandarizados en su proceso de fabricación, se pesaron 5 focos de cada marca dando como resultado un peso promedio 0,24 kg por foco individual.

Tabla 18. Peso Promedio de Focos.

Numero	Marca	Focos pesados	Peso Promedio kg
1	Philips	5	0,241
2	Sylvania	5	0,247
Total			0,244

Fuente (Mena, 2013)

Figura 26. Pesaje de vidrios



Fuente (Mena, 2013)

De esta manera se rompieron la siguiente cantidad de focos fluorescentes en el volumen de agua ya fijado que es de 4 litros.

Para el Hormigón vidrio de 50%:

Se requiere un peso total de 5,7 kg de vidrio que corresponde a 24 focos fluorescentes.

Para el Hormigón vidrio de 75%:

Se requiere un peso total de 8,6 kg de vidrio que corresponde a 36 focos fluorescentes.

Dando un total de Rotura de Focos de 60 focos fluorescentes en desuso

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1.1. Recolección de focos fluorescentes

Durante la observación y conteo de los focos fluorescentes que se encontraban en el CEGAM durante el periodo comprendido entre los meses de Marzo de 2013 a Julio de 2013 se encontró con la siguiente cantidad de focos fluorescentes en desuso:

Tabla 19. Focos fluorescentes en el CEGAM de marzo a julio

Mes	Marzo				
Número.	Número de Lámparas	Forma	Tipo	Descripción	Marca
1	22	Tubular	Fluorescente	T12	Phillips
2	3	Tubular	Fluorescente	T12	Sylvania
3	2	Bombilla espiral	Fluorescente	Casquillo E27	Phillips
4	2	Bombilla tubular	Fluorescente	Casquillo E28	Phillips
Mes	Abril				
Número.	Número de Lámparas	Forma	Tipo	Descripción	Marca
1	6	Tubular	Fluorescente	T12	Phillips
2	4	Tubular	Fluorescente	T12	Sylvania
3	2	Bombilla espiral	Fluorescente	Casquillo E27	Phillips
4	5	Tubular	Fluorescente	T6	Phillips

Fuente (Mena, 2013)

Mes		Mayo			
Número.	Número de Lámparas	Forma	Tipo	Descripción	Marca
1	5	Tubular	Fluorescente	T12	Phillips
2	1	Tubular	Fluorescente	T12	Sylvania
3	2	Bombilla espiral	Fluorescente	Casquillo E27	Phillips
4	3	Bombilla espiral	Fluorescente	Casquillo E27	Sylvania
5	2	Bombilla tubular	Fluorescente	Casquillo E28	Phillips
Mes		Junio			
Número.	Número de Lámparas	Forma	Tipo	Descripción	Marca
1	8	Tubular	Fluorescente	T12	Phillips
2	2	Tubular	Fluorescente	T12	Sylvania
3	1	Bombilla espiral	Fluorescente	Casquillo E27	Phillips
4	4	Bombilla tubular	Fluorescente	Casquillo E28	Phillips
Mes		Julio			
Número.	Número de Lámparas	Forma	Tipo	Descripción	Marca
1	4	Tubular	Fluorescente	T12	Phillips
2	3	Tubular	Fluorescente	T12	Sylvania
3	1	Bombilla espiral	Fluorescente	Casquillo E27	Phillips
4	6	Bombilla tubular	Fluorescente	Casquillo E28	Phillips
Total de Focos					
Número.	Forma	Tipo	Descripción	Marca	Total
1	Tubular	Fluorescente	T12	Phillips	44
2	Tubular	Fluorescente	T12	Sylvania	14
3	Bombilla espiral	Fluorescente	Casquillo E27	Phillips	6
4	Tubular	Fluorescente	T6	Phillips	5
5	Bombilla espiral	Fluorescente	Casquillo E27	Phillips	8

Fuente (Mena, 2013)

Se encontró que entre los meses de Marzo a Julio del 2013 el CEGAM recibió alrededor de 79 focos fluorescentes de diversos tamaños y formas, lo que indica que en este centro de acopio para residuos sólidos reciclables, se filtraron los focos fluorescentes en estas instalaciones ya que en la misma no debería tener residuos tóxicos ni peligrosos como focos fluorescentes en desuso. Con respecto al mes de marzo se encontró una cantidad 29 de focos fluorescentes en desuso, la cual es una cantidad mayor en comparación con los otros meses anteriores debido a que estos focos ya se encontraban guardados y almacenados en las instalaciones del CEGAM.

3.1.2. Resultado de conductividad y pH muestra de agua a 50%

Para determinar la variación de pH y conductividad eléctrica en el agua se midió estos parámetros al inicio, durante y al final del experimento, de esta manera por cada 6 focos fluorescentes rotos en el volumen de agua se midió tanto el pH como la conductividad eléctrica. Si el pH se encontraba más de 3 se agregó ácido nítrico al 40% para bajarlo entre 2 a 3, y en el caso de la conductividad eléctrica se midió para comprobar la presencia de sales disueltas.

Tabla 20. Conductividad y pH agua inicial

Número	Descripción	Conductividad $\mu\text{c}/\text{cm}$	Temperatura en C	pH
1	Agua Potable	92,2	18,3	6,75

Fuente (Mena, 2013)

Tabla 21. Relación entre focos pH muestra del 50%

Hormigón 50% de vidrio			
Número	Descripción	Temperatura en C	pH
1	6 focos	18,4	4,1
2	12 Focos	18,2	3,6
3	18 Focos	17,5	3,8
4	24 Focos	17,9	3,2

Fuente (Mena, 2013)

Conductividad Final al romper el foco fluorescente número 24 es de 773 $\mu\text{c}/\text{cm}$

3.1.3. Resultado de conductividad y pH muestra de agua a 75%

Tabla 22. Conductividad y pH agua inicial

Número	Descripción	Conductividad $\mu\text{c}/\text{cm}$	Temperatura en C	pH
1	Agua Potable	92,2	18,3	6,75

Fuente (Mena, 2013)

Tabla 23. Relación focos-pH muestra del 50%

Hormigón 75 % de vidrio			
Número	Descripción	Temperatura en C	pH
1	6 focos	18,2	3,9
2	12 Focos	18,2	3,1
3	18 Focos	17,8	3,6
4	24 Focos	17,9	3,8
5	30 focos	18,1	2,9
6	36 focos	17,8	2,8

Fuente (Mena, 2013)

Conductividad Final al romper el foco fluorescente número 36 es de 1942 $\mu\text{c}/\text{cm}$.

Durante el proceso de rotura de focos fluorescentes se observó que, a partir del foco número dieciocho el agua comenzó a tener un color blanco lechoso con un tendencia creciente a la saturación, proporcional al aumento de número de focos fluorescentes, lo cual fue evidente en el foco número 36, en el cual el agua se encontraba totalmente blanquecina y saturada por lo que prácticamente ya no podía retener más componentes provenientes de los focos fluorescentes y a pesar de que el agua se encontraba acidificada al inicio del experimento se pudo observar un claro aumento del pH hacia el lado de la basicidad. Por ello al explotar los últimos 4 focos fluorescentes en el agua a 75% es decir el foco número 34 y 36 se observó claramente que ya no se limpiaba los vidrios de los focos fluorescentes es decir el vidrio salió igual de blanco que antes de la rotura.

Con respecto al recipiente de rotura que fue diseñado para este trabajo experimental buscando una adecuada funcionalidad como seguridad y estabilidad, este se acopló muy bien al estudio, lo que se demostró al momento de romper los focos fluorescentes, fue estable y seguro en todo el experimento, además la malla plástica no presento ningún desgaste al concluir con el proceso, dando una muy buena utilidad al trasportar los vidrios rotos al plástico industrial.

3.1.4. Pérdida de agua.

La pérdida de agua que se dio durante la realización del experimento se debe a dos razones principales, siendo la primera la pérdida mecánica propia del proceso de rotura, y la segunda es la absorción de los vidrios rotos provenientes de los focos fluorescentes. Para determinar la pérdida de agua se pesó los vidrios húmedos, posteriormente se los seco al ambiente y se los pesó nuevamente para determinar tanto la diferencia de peso y porcentaje de humedad retenido.

Para el recipiente de 50%

Al terminar con el experimento se registró una pérdida de agua considerable del 27,5% que corresponde a 1.1 litros.

Se comenzó con un volumen de 4 litros, al terminar el experimento se obtuvo un volumen de 2,9 litros de los cuales se extrajo 100 ml del agua, muestra que fue

empleada en el análisis de laboratorio para detectar el mercurio que se encontraba presente.

De estos 2,8 litros restantes se agregó 200 ml de agua con un pH de 2,9 para completar los 3 litros requeridos para la elaboración del Hormigón, se utilizó este pH debido a que no se quiere variar el pH original de la muestra.

- Para el recipiente de 75%

Al terminar con el experimento se registró una pérdida de agua correspondiente al 32,5% y que equivale a 1.3 litros de agua.

Se comenzó el experimento con un volumen de 4 litros de los cuales al terminar el ensayo se obtuvo un volumen de 2.7 litros de estos se extrajo 100 ml para llevar al laboratorio y determinar la cantidad de mercurio presente.

A estos 2,6 litros restantes se agregó 400 ml de agua con un pH de 2,9 para completar los 3 litros requeridos para la elaboración del hormigón, se utilizó este pH debido a que no se quiere variar el pH original de la muestra.

Al recolectar la muestra se pudo observar en el fondo del recipiente de rotura se había acumulado un lodo de color blanquecino con puntos negros en todo el área mojada del recipiente.

Además, se determinó que la silicona que ayudo a impermeabilizar el recipiente de rotura fue afectada en su capacidad de sello y adherencia debido a que con solo un mínimo contacto se despegaba del fondo del recipiente. Siendo una de las posibles causas el agua con un pH muy ácido que se utilizó en el experimento.

3.1.5. Peso de los vidrios

Se recolectaron los vidrios húmedos rotos procedentes de los focos fluorescentes los cuales una vez pesados arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 24. Peso de vidrio

Número	Descripción	Peso vidrio Húmedo(kg)	Peso Vidrio Seco (kg)	Cantidad de agua absorbida
1	Vidrio de 50%	6,30	5,7	0,60
2	Vidrio de 75%	9,28	8,53	0,75
Total		15,58	14,23	1,35

Fuente (Mena, 2013)

3.1.6. Cálculo de pérdida de vidrio.

Tabla 25. Pérdida de vidrio

Número	Descripción	Número de focos utilizados	Peso estimado por unidad foco	Número de Foco por peso estimado	Peso de focos obtenidos secos
1	vidrio de 50%	24	0,24	5,76	5,7
2	Vidrio de 75 %	36	0,24	8,64	8,53
Total		60		14,4	14,23

Fuente (Mena, 2013)

Si se conoce que se utilizó 60 focos fluorescentes en desuso en todo el experimento y se conoce el peso promedio de cada foco fluorescente, nos da un total de 14,4 kg de focos fluorescentes secos utilizados, al finalizar el estudio se obtuvo un total de 14,23 kg focos fluorescentes dando como pérdida de 0,17 kg de focos secos, por lo que se concluye que la pérdida generada por el procedimiento es mínima y los 0,17kg de vidrio perdido de los atribuye a pérdidas mecánicas del experimento.

3.2. Presentación de los resultados

3.2.1. Cantidad de Mercurio encontrado en el agua.

Basados en los datos obtenidos por CORPLAB y mediante un proceso de cálculo con la fórmula para diluciones ($C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$) de las nuevas dosificaciones debido al aumento de agua en el experimento, los datos obtenidos para determinar la cantidad de mercurio presente en el agua son las siguientes:

Tabla 26. Mercurio presente en el agua

Número	Descripción	Cantidad de mercurio en ppm
1	50%	8,85
2	75%	9,69
Total		18,54

Fuente (Mena, 2013)

De esta manera, según los datos obtenidos por CORPLAB se encontraron en el agua una cantidad total de 18,54 ppm de mercurio y de acuerdo a los datos basados por el fabricante en el caso que se haya utilizado focos nuevos debió haber una cantidad de 123 ppm de mercurio en el agua, por lo que permite deducir que del total del mercurio los 18,54 ppm fueron retenidos en el agua, la diferencia restante de 104,46 ppm de mercurio no se retuvo en el agua.

Sin embargo en el procedimiento de secado de los focos fluorescentes posterior a la rotura se observó en los vidrios secos un polvillo blanquecino con puntos oscuros que cubrían los vidrios.

3.2.2. Pérdida de agua

Tabla 27. Pérdida de agua

Pérdida de agua recipiente 50%		
Volumen (l)	Porcentaje de pérdida (%)	Descripción
0,6	15,0	Absorción de humedad por vidrio
0,5	12,5	Perdida mecánica
1,1	27,5	Total
Pérdida de agua recipiente 75%		
Volumen (l)	Porcentaje de pérdida (%)	Descripción
0,75	18,75	Absorción de humedad por vidrio
0,55	13,75	Perdida mecánica
1,3	32,5	Total

Fuente (Mena, 2013)

Se pesaron los vidrios húmedos después del proceso de rotura siendo de 6,30kg y 9,28kg correspondientes a los recipientes de 50% y de 75%, posteriormente dichos vidrios fueron pesados secos dando como resultado 5,7 kg y 8,53 kg respectivamente tanto para el recipiente de 50% y el recipiente de 75%. Esta variación de peso indica que el vidrio retuvo una cantidad de humedad de 0,6kg y 0,75kg respectivamente. De esta manera la pérdida de agua en los recipientes tanto de 50% y 75% se debió a dos causas principales siendo la primera la pérdida mecánica propia los procesos de rotura y la segunda absorción de humedad del vidrio. Con respecto al recipiente de 50% se encontró que se perdió por pérdida mecánica un 12,5% de agua, es decir 0,5 litros y por la absorción de la humedad del vidrio se perdió un 15% de agua es decir 0,6 litros de agua dando un total de pérdida solo para el recipiente de 50% de 1,1 litros que corresponde al 27,5%, y la pérdida de agua del recipiente de 75% se encontró que por

perdida mecánica propia del proceso de rotura se perdió 13,75% de agua es decir 0,55 litros de agua y para la absorción del vidrio se perdió un 18,75% de agua que corresponde a 0,75 litros de agua dando un total de pérdida de 1,3 litros que corresponde al 32,5% del volumen total de agua.

3.2.3. Solidificación y la inertización.

Durante el proceso de la formación de los cilindros de hormigón se observaron las siguientes características:

3.2.4. Resultados de la resistencia del hormigón.

Tabla 28. Resistencia del hormigón

Número	Descripción	Tiempo de Curado (Días)	Resistencia kg/cm ²
1	Hormigón Testigo	7	133
2	Hormigón de vidrio a 50%	7	104
3	Hormigón de vidrio a 75%	7	82
Número	Descripción	Tiempo de Curado (Días)	Resistencia kg/cm ²
1	Hormigón Testigo	14	174
2	Hormigón de vidrio a 50%	14	144
3	Hormigón de vidrio a 75%	14	126
Número	Descripción	Tiempo de Curado (Días)	Resistencia kg/cm ²
1	Hormigón Testigo	21	191
2	Hormigón de vidrio a 50%	21	156
3	Hormigón de vidrio a 75%	21	146

Fuente (Mena, 2013)

Durante el procedimiento de la solidificación y la inertización se comparó la mezcla del hormigón testigo con la mezcla con vidrio y se observó que la mezcla del hormigón vidrio no se homogenizó de la misma manera además se observó una mezcla irregular, superficie e interior porosos y varios vidrios que no se juntaron a la mezcla.

3.2.5. Resultados de test de lixiviación

Hormigón al séptimo día de curado.

Tabla 29. Resultados del test de lixiviación al 7mo día de curado

Número	Descripción	Cantidad de mercurio en ppm
1	50%	0.05
2	75%	0.09

Fuente (Mena, 2013)

Hormigón al vigésimo primer día de curado.

Tabla 30. Resultados del test de lixiviación al 21 día de curado

Número	Descripción	Cantidad de mercurio en ppm
1	50%	0.02
2	75%	0.06

Fuente (Mena, 2013)

La cantidad de mercurio obtenida después de realizar el procedimiento de la solidificación y la inertización es claramente menor que al del agua utilizada para realizar los cilindros de hormigón, además al aumentar el tiempo de curado de los cilindros se presenció una reducción de la cantidad de mercurio.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

4.1. Conclusiones

- En el conteo general de focos fluorescentes en desuso se encontró que en los meses de Marzo a Julio del 2013 el CEGAM recibió alrededor de 79 focos fluorescentes de diversos tamaños y formas, por lo que se concluye que en las instalaciones del CEGAM existen y se almacenan focos fluorescentes en desuso y no se encontró ninguna forma de tratamiento que se dé a los mismos ya que para los gestores a pequeña escala del CEGAM al ser un obstáculo en su manipulación los eliminan como residuos comunes y son depositados en los contenedores de basura.
- El aumento de la conductividad eléctrica de 680,8 $\mu\text{c}/\text{cm}$ en el agua de 50% y de 1942 $\mu\text{c}/\text{cm}$ en el agua de 75% se determina que fue causada por la presencia de sales solubles presentes en el interior de los focos fluorescentes destacándose el magnesio que es la sustancia más soluble y que fue un factor preponderante para el incremento de la conductividad eléctrica. Mientras que el aumento de pH se debe a que en el interior de los focos fluorescentes existe calcio en los casquillos. Sin embargo, al aumentar el número de focos en el proceso de rotura se observó que la variación del pH fue disminuyendo y estabilizándose mientras que la conductividad eléctrica aumento, por lo que se concluye que al aumentar el número de focos fluorescentes el agua comenzó un proceso de saturación y estabilización de pH, el cual se notó en el foco 36.

- Basados en los datos que se obtuvo del análisis de mercurio en agua, realizado por CORPLAB, laboratorio acreditado se encontraron que para el agua a 50% existe una concentración de 8,85 ppm de mercurio y para el agua de 75% se obtuvo una cantidad de 9,69 ppm de mercurio. Por lo que se concluye que el agua obtenida en el experimento y posteriormente utilizada para la fabricación de los hormigones vidrios sobrepasa los límites permitidos para descarga de efluentes convirtiéndola en un peligro para el ambiente y la salud.
- Con el mercurio que no se retuvo en la agua se concluye que una parte debió transformarse y migrar a la atmósfera debido a que el agua comenzó un proceso de saturación desde el foco 18 al 24, otra parte muy importante de mercurio debe haberse retenido en la superficie de los vidrios de los focos fluorescentes debido a que cuando se procedió a secar los focos se observó que además de tener un polvillo blanquecino en los alrededores de los focos fluorescentes secos también existió una serie de puntos negros que se mezclaban con los vidrios por lo que se concluye que es la diferencia del mercurio restante.
- Fue posible obtener hormigón utilizando elementos convencionales y añadiendo a la mezcla vidrio y agua acidificada con mercurio, procedentes del tratamiento de los focos fluorescentes en desuso. La resistencia obtenida del hormigón testigo fue de 191 kg/cm² a los 21 días de curado cuando se esperaba obtener una resistencia de 210 kg/cm², debido a que este experimento es trabajar con materiales comunes y fáciles de adquirir en el mercado y a pesar de su cuidadosa selección, se obtuvo una resistencia menor a la planteada lo cual hace

presumir que se debe a la calidad no homogénea de estos elementos. Además la resistencia de los hormigones vidrio de 50% y 75% dio como resultados 156 kg/cm² y 146 kg/cm² respectivamente a los 21 días de curado, una resistencia claramente inferior a la del hormigón testigo, siendo una de las principales causas la adición de nuevos materiales a la mezcla, el agua ácida con valores de 2 a 3 de pH, la cual comprometió la mezcla en la homogenización y el tamaño granulométrico superior de los vidrios diferente a la de la arena que formaron espacios entre los componentes del hormigón disminuyendo su resistencia y aumentando su porosidad. Sin embargo, la resistencia alcanzada en los hormigones vidrio puede ser utilizada para ser llevados a un relleno sanitarios para una disposición final

- Con los datos obtenidos por parte de COPRLAB después de realizar el ensayo de lixiviación (TCLP) a los 7 días de curado el hormigón vidrio 50% se obtuvo 0,05 ppm de mercurio mientras que el hormigón de vidrio de 75% dio como resultado 0,09 ppm de mercurio, si al comparar estos valores con la cantidad de mercurio presente en el agua que se utilizó, podemos determinar que el cilindro de hormigón de 50% retuvo 8,8 ppm de mercurio y el hormigón vidrio de 75% retuvo una cantidad de mercurio de 9,6 ppm de mercurio. Por lo que se concluye, basado en lo establecido en la RESOLUCIÓN N° 0002-DMA-2008, CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CONTAMINANTES DE ACUERDO CON LA CARACTERÍSTICA DE TOXICIDAD (PRUEBA DE LIXIVIACIÓN) que determina que para el mercurio este no debe sobrepasar de 0,2 ppm, después de haber realizado el ensayo de lixiviación y al obtener una cantidad menor de mercurio en los dos hormigones, estos no son considerados

como residuos peligrosos y pueden ser llevados a un relleno sanitario para una disposición final.

- Se concluye que al estar los hormigones en un mayor estado de curado y de maduración, podrían retener y contener una mayor cantidad de mercurio en su interior y lo que es más importante, su capacidad de retención es muy alta y dependiendo del tiempo de curado se incrementa proporcionalmente al mismo.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda que se aplique un sistema de gestión que ayude al tratamiento de focos fluorescentes en desuso que esporádicamente lleguen a las instalaciones del CEGAM, como el que se propone en el presente trabajo y que está orientado a la manipulación y tratamiento en pequeña escala de focos fluorescentes en desuso y exclusivamente a la acción del mercurio como contaminante, situación que permitirá la capacitación en este tema al personal de CEGAM en el cual se tratarán temas como almacenamiento y tratamiento.
- Por otro lado, es prioritario la elaboración y ejecución de un Plan de Capacitación dirigido a los gestores a pequeña escala del CEGAM, a cargo del I. Municipio de Quito, con la finalidad de establecer en corto plazo una concientización firme en la colectividad para separar y almacenar estos y otros elementos contaminantes, Plan establecerá los medios y mecanismos más adecuados con el concurso del sector privado, mediante empresas especializadas, para la recolección y tratamiento idóneos de estos contaminantes o prestar las facilidades legales para la operatividad de empresas que puedan prestar estos servicios indispensables como Gestores Ambientales de Residuos Peligrosos.
- Se recomienda que en el procedimiento de rotura en el volumen de 4 litros no se proceda a romper más de dieciocho focos fluorescentes en desuso con el fin de retener el mercurio que se alberga en el interior de los mismos debido a que a partir del foco número dieciocho comienza un proceso de saturación del agua y en el caso que se requiera tratar un mayor número de focos fluorescentes se debe

tomar en cuenta la relación 4: 18, con el fin de cumplir con lo establecido en el TULAS.

- Se recomienda que al momento de determinar el volumen de agua que se requiera para la realización del experimento, se tome en cuenta los porcentajes de absorción que retienen los vidrios de los focos fluorescentes y la pérdida mecánica del proceso para evitar agregar agua en el experimento.
- Se recomienda, una vez finalizado el procedimiento de rotura analizar el contenido de mercurio que se encuentra en los sólidos sedimentables que se produjeron en el experimento y el contenido que se encontraba en el polvillo blanquecino producto del secado de los vidrios de los focos fluorescentes en desuso, con el fin de comparar las diferencia de mercurio obtenidos y determinar la cantidad de que posiblemente se pueda albergar en ellos.
- Se recomienda que en el momento de realizar el procedimiento de la solidificación e inertización específicamente la formación de los hormigones con vidrio se opte por aumentar el tiempo de mezclado del componente con el fin de obtener una mezcla más homogénea.
- Una de las causas de la disminución de la resistencia de los hormigones vidrios es la diferencia del tamaño granulométrico del vidrio triturado en comparación con el agregado fino utilizado por lo que se recomienda triturar el vidrio aun tamaño similar al del agregado fino.

- Se recomienda analizar los cilindros de hormigón vidrio con un mayor tiempo de curado para determinar si a un tiempo de curado superior puede retener más mercurio.

Anexo 1. Recopilación de leyes

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL
 AMBIENTE LIBRO VI ANEXO 1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE
 descarga de EFLUENTES: RECURSO AGUA.

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100

¹Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

RESOLUCIÓN N° 0002-DMA-2008 LA DIRECCION METROPOLITANA AMBIENTAL, NORMAS TÉCNICAS PARA LA APLICACIÓN DE LA CODIFICACIÓN DEL TITULO V, “DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE

5. CRITERIO PARA CONSIDERAR A UN DESECHO COMO PELIGROSO

Si un desecho se encuentra dentro del Listado de desechos peligrosos (Tabla 1), será considerado como peligroso y deberá obligatoriamente realizar el tratamiento señalado. Si el residuo no se encuentra en el listado, solicitará criterio técnico a la DMA para su adecuado tratamiento.

La Tabla 1 contiene la siguiente información:

f- Código del residuo

f- Nombre del desecho peligroso, se describe cada residuo en función de su origen y Características físicas.

f - Categoría, se indica si la descripción pertenece a un grupo de residuos genéricos (G) o a un residuo específico (E)

f - Fuente de generación describe el origen más probable del residuo

- Característica de peligrosidad de acuerdo a la corrosividad (C), reactividad (R), explosividad (E), toxicidad (T), inflamabilidad (I) o patogenicidad (P)

f El tratamiento que se debe dar al desecho: físico químico (F/Q), biológico (B), térmico (T) o disposición final (D). En el caso de los tratamientos se usa el número 1 para señalar la primera opción y el número 2 para una opción alternativa de tratamiento, que se deberá realizar con una justificación técnica.

En el caso de la disposición final (D) se indican los pre-tratamientos requeridos.

TABLA 1 LISTADO DE DESECHOS PELIGROSOS									
COD	DESCRIPCION	E/G	FUENTE DE GENERACIÓN	CRETIP	F/Q	B	T	D	TRATAMIENTOS
	petróleo								
6.01	Combustibles sucios	E	Industria en general	T, I	1		1		Filtración y reuso
6.02	Aceite para transformadores y sistemas hidráulicos sin PCB	E	Transformadores de industrias	T, I			1		
6.03	Aceites para transformadores y sistemas hidráulicos con PCB	E	Transformadores, sistemas hidráulicos	T			1		Previa autorización de la DMA
6.04	Otros aceites con PCB o equipos y materiales contaminados con PCB	E	Industria en general	T			1		Previa autorización de la DMA
6.05	Aceites lubricantes para motores, maquinarias, transmisiones y turbinas	E	Industria en general	I	1		1		Filtración y entrega a gestor autorizado.
6.06	Aceites usados en general	E	Industria general, vehículos	I	1		1		Filtración y entrega a gestos autorizado
6.07	Grasas, ceras	E	Industria petroquímica y general	I			1	2	
6.08	Residuos sólidos empapados de aceite y grasa	E	Industria petroquímica y general	I			1	2	Si no hay tratamiento térmico, encapsulamiento
6.09	Emulsiones de aceites y ceras	E	Industria de maquinaria	I	2		1		Separación y reuso de aceites
6.10	Emulsiones bituminosas	E	Industria química y de la construcción. Contiene sustancias alifáticas y aromáticas.	T			1	1	
6.12	Lodos con combustible o lubricantes	E	Industria en general	T			1	1	
6.14	Residuos de la refinación,	E	Industria de refinación	C, T			1	2	Si no hay tratamiento térmico,

TABLA 1 LISTADO DE DESECHOS PELIGROSOS									
COD	DESCRIPCION	E/G	FUENTE DE GENERACIÓN	CRETIP	F/Q	B	T	D	TRATAMIENTOS
**2.08	Residuos con mercurio	E	Industria en general, domiciliar	T	1			2	Si no hay tratamiento F/Q, solidificación o encapsulamiento
3	Residuos de procesos tales como óxidos, hidróxidos y sales								
3.01	Lodos galvánicos	E	Industria galvanoplástica.	T	1			2	Cianuro: oxidación Cromo: reducción desechado y encapsulamiento previo a disposición final
3.02	Otros lodos de hidróxidos metálicos	E	Industria química y tratamiento de efluentes industriales	T	1			2	Si no hay tratamiento F/Q desecado o solidificación
3.03	Sales y sustancias químicas de proceso con contenido nocivo y fuera de especificación	E	Preparación de pieles y curtiembres Industria de la madera (creosota, pentaclorofenol) Acabado del acero (PB, Ba y otros metales pesados) Industria química (metales pesados, cianuro, nitrito, arsénico)	T				1	Solidificación o encapsulamiento. Considerar reuso, reciclaje
3.04	Cal con contenido de arsénico	E	Industria química de la cerámica y del vidrio	T				1	Solidificación o encapsulamiento. Considerar reuso, reciclaje
4	Residuos de procesos como ácidos, álcalis y concentrados	G							
4.01	Ácidos inorgánicos y mezclas	E	Industria química, galvanoplástica, acabado de superficies y laboratorios. Incluye ácidos sulfocrómicos y ácidos de baterías	C, T	1				
4.02	Ácidos orgánicos	E	Industria química y	C, T	1				Considerar reuso, reciclaje

TABLA 1 LISTADO DE DESECHOS PELIGROSOS									
COD	DESCRIPCION	E/G	FUENTE DE GENERACIÓN	CRETIP	F/Q	B	T	D	TRATAMIENTOS
			farmacéutica						
4.03	Lejías, álcalis, soluciones amoniacales y mezclas	E	Industria química, acabado de superficies y laboratorios	C	1				
4.04	Hipoclorito de sodio	E	Industria Textil, producción de fibra de madera	C	1				
4.05	Baños de fijación y revelado	E	Laboratorios de fotografía e imprenta	T	1				
4.06	Productos utilizados en la producción de fibras de madera	E	Producción de fibras de madera	C, T	1				
4.07	Concentrados con cromo VI y cianuro	E	Acabado de superficies	T	1				
5	Residuos de plaguicidas, detergentes, productos farmacéuticos y de laboratorio	G							
5.01	Residuos de plaguicidas	E	Producción, comercio y uso de plaguicidas. Plaguicidas	T				1	
5.02	Residuos de desinfectantes	E	Industrias química, farmacéutica e instalaciones de salud	T				1 2	Si no hay tratamiento térmico, solidificación o encapsulamiento
5.03	Residuos de la industria farmacéutica	E	Industria farmacéutica	T				1 2	Si no hay tratamiento térmico, solidificación o encapsulamiento
5.04	Productos farmacéuticos caducos	E	Industria farmacéutica y comercio de fármacos Instalaciones de salud	T				1	En uso de residuos domiciliario depósito en contenedor adecuado
5.05	Detergentes	E	Industria, comercio	T				1 2	
5.06	Tensoactivos	E	Industria química, producción de detergentes, industria textil	T				1 2	
5.07	Residuos químicos de laboratorio	E	Industria e instituciones académicas	T	1			1 2	Tratamiento depende del residuo
6	Residuos de productos del	G							

TABLA 2
 CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CONTAMINANTES DE ACUERDO CON LA
 CARACTERÍSTICA DE TOXICIDAD (PRUEBA DE LIXIVIACIÓN)

CONTAMINANTE	LIMITE MÁXIMO (mg/l)
Arsénico	5,0
Bario	100,0
Benceno	0,5
Cadmio	1,0
Clordano	0,03
Cloruro de Vinilo	0,02
Clorobenceno	100,0
Cloroformo	6,0
o-Cresol	200,0
m-Cresol	200,0
p-Cresol	200,0
Cresol	200,0
Cromo	5,0
1,4-Diclorobenceno	7,5
1,2-Dicloroetano	0,5
1,1-Dicloroetileno	0,7
2,4-Dinitrotolueno	0,13
2,4-D	10,0
Endrin	0,02
Heptacloro y su epóxido	0,008
Hexaclorobenceno	0,13
Hexaclorobutadieno	0,5
Hexacloroetano	3,0
Lindano	0,4

CONTAMINANTE	LIMITE MÁXIMO (mg/l)
Mercurio	0,2
Metiletilcetona	200,00
Metoxicloro	10,0
Nitrobenzeno	2,0
Pentaclorofenol	100,0
Piridina	5,0
Plata	5,0
Plomo	5,0
Selenio	1,0
Tetracloruro de carbono	0,5
Tetracloroetileno	0,7
Toxafeno	0,5
2, 4, 5-TP (Silvex)	1,0
Tricloroetileno	0,5
2,4,6-Triclorofenol	2,0

Nota: Parámetros basados en W.H.O. - Guidelines for Drinking Water Quality - Vol. 1 - Recommendations - Geneva - 1984.

Anexo 2. Resultados de Laboratorio

Resultados del análisis de mercurio en Agua



Huachi
 Quito - Ecuador
 T + 59 3 2341 4080
 T + 59 3 2259 9280
 ABN 84 009 936 029
 www.corplab.net
 www.asglobal.com

PROTOCOLO N°: 1013-4367	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 4

NOMBRE DEL CLIENTE: JUAN FRANCISCO MENA
 DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: JUAN FRANCISCO MENA
 NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO DE AGUAS
 DIRECCIÓN DEL PROYECTO: LOS EUCALIPTOS, CALLE G N-66, CALLE 6
 MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
 PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: OCTUBRE, 07 DEL 2013 / 3:50 / N° DE CADENA DE CUSTODIA: 0005059
 LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
 FECHA DE ANÁLISIS: OCTUBRE 07 AL 25 DEL 2013
 FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 25 DE OCTUBRE DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS
M-0040	M1	75% - 10 ppm MERCURIO	No reportado por el Cliente	No reportado por el Cliente	No reportado por el Cliente	Ninguna Observación
M-0041	M2	50% - 9,6ppm MERCURIO	No reportado por el Cliente	No reportado por el Cliente	No reportado por el Cliente	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Matiza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador





CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6-157 y
Huachi
Quito - Ecuador
T + 59 3 2341 4080
T + 59 3 2259 9280
ABN 84 009 936 029
www.corplab.net
www.aslglobal.com

ANEXO DE LA PÁGINA 2 DE 4	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 3 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0040
				M1
MERCURIO	Standard Methods Ed-21-2005, 3112B	PA - 57.00	ug/l	88,35

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0041
				M2
MERCURIO	Standard Methods Ed-21-2005, 3112B	PA - 57.00	ug/l	54,63

Anexo de la página 2 de 4



Resultados de resistencia del hormigón

Certificados de calibración



- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



Quito, 21 de octubre de 2013

A quien interese

CERTIFICADO

HORMISUELOS CIA LTDA, por medio de la presente certifica, realizar los ENSAYOS DE MUESTRAS DE HORMIGON, cumpliendo la NORMA ASTM C39, y las tomas de muestras con la NORMA ASTM C 617, con el fin de realizar el CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGON.

Atentamente,


HORMISUELOS CIA. LTDA.
 R.U.C. 1792016729001
 FIRMA AUTORIZADA
LUIS PARRA

REPRESENTANTE LEGAL

HORMISUELOS CIA LTDA



Lizarazu N24-68 y Av. La Gasca
 Tell: 3200 282 Fax: 2541733
 E-mail: info@servitest.com.ec
 Quito-Ecuador
 www.servitest.com.ec

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Pag. 1/2

Informe técnico No. 1553-DC-OC

Fecha de calibración: 10-Diciembre-2011
 Propietario: Hormisuelos Cia. Ltda.
 Ciudad o ubicación: Laboratorio Quito

IDENTIFICACION DEL EQUIPO

Tipo de máquina: Prensa de compresión.
 Marca: Matest
 Modelo: C070P123 Serie: C070P123/ZH/0001
 Consola: Hydrotronic
 Modelo: Cybertronic Serie: YIMC109/ZH/0328
 Rango o capacidad: 3000 KN Res: 0.1 KN
 Temperatura: Inicial: 17.7 °C Final: 18.3 °C
 Observaciones: Equipo en buen estado de funcionamiento. Mantenimiento General.
 Cambio de Aceite.

IDENTIFICACION DEL EQUIPO DE CALIBRACION

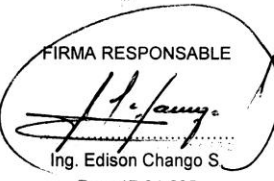
Marca: Matest
 Modelo: Data-Tronic Serie: C138P107*1*06 U= 0,24%
 Descripción: Equipo electrónico de calibración con celda de carga:
 Capacidad: 3,000 KN Modelo: C140-08 Serie: C140-08/ZH/0008

NORMAS Y REFERENCIAS UTILIZADOS

Documentos: Norma ASTM E4-03 : Standard Practices for Force Verification of Testing Machines.
 Tolerancia: 1%

INFORME Y RESULTADOS

Evaluación: El equipo fue ajustado y se encuentra dentro de los rangos permitidos.
 Realizado por: Ing. Edison Chango
 Observaciones: Ninguna.

FIRMA RESPONSABLE

 Ing. Edison Chango S.
 Reg. 17-04-695



La verificación y calibración de esta máquina fue realizada en referencia a la norma ASTM E4-03, y en óptimas condiciones de funcionamiento del equipo en la fecha de expedición de este informe.
 ServiTest no se responsabiliza por mal uso del equipo o de este informe.

Este documento es propiedad de ServiTest

Séptimo día



- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



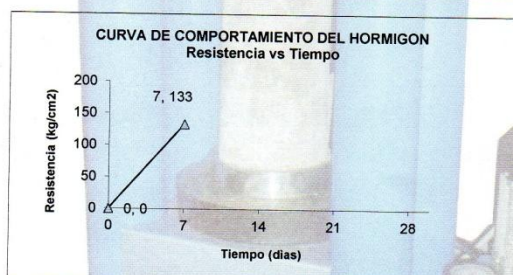
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
 LOCALIZACION QUITO
 HORMIGONERA CONCRETERA
 RESISTENCIA FC' 240
 ADITIVO NO
 MUESTREO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
 ENSAYADO POR : LUIS PARRA
 CALCULADO POR : ING. PATRICIO VISCARRA
 FECHA : 07/10/2013
 INFORME # : 81989

ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN
NORMA ASTM C-39

Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
1	30/09/2013	07/10/2013			7	TESIS AMBIENTAL NORMAL	81.71	10677	131	54
4	30/09/2013	07/10/2013			7		81.71	10982	134	56
PROMEDIO								10830	133	55



RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistencia	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.

SR. LUIS PARRA
 REPRESENTANTE LEGAL
 HORMISUELOS CIA LTDA

ING. PATRICIO VISCARRA
 JEFE DE OPERACIONES
 HORMISUELOS CIA LTDA

- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



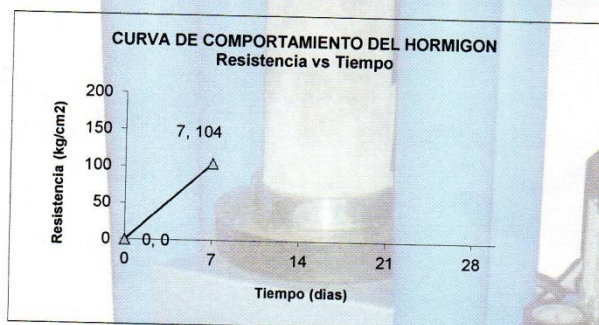
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
LOCALIZACION QUITO
HORMIGONERA CONCRETERA
RESISTENCIA FC' 240
ADITIVO NO
MUESTREADO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
ENSAYADO POR : LUIS PARRA
CALCULADO POR : ING. PATRICIO VISCARRA
FECHA : 07/10/2013
INFORME # : 81990

ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C-39

Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
7	30/09/2013	07/10/2013			7	TESIS AMBIENTAL 50%	81.71	7896	97	40
10	30/09/2013	07/10/2013			7		81.71	9074	111	46
PROMEDIO								8485	104	43



RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistencia	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.



SR. LUIS PARRA
REPRESENTANTE LEGAL
HORMISUELOS CIA LTDA




ING. PATRICIO VISCARRA
JEFE DE OPERACIONES
HORMISUELOS CIA LTDA

- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



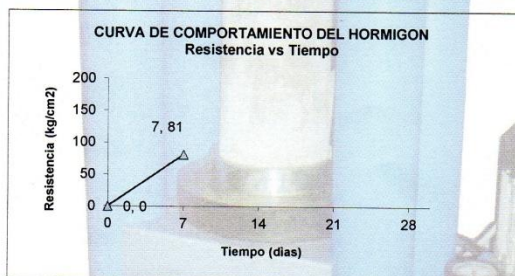
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
LOCALIZACION QUITO
HORMIGONERA CONCRETERA
RESISTENCIA FC' 240
ADITIVO NO
MUESTREO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
ENSAYADO POR : LUIS PARRA
CALCULADO POR : ING. PATRICIO VISCARRA
FECHA : 07/10/2013
INFORME # : 81991

ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C-39

Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
18	30/09/2013	07/10/2013			7	TESIS AMBIENTAL 75%	81.71	7094	87	36
21	30/09/2013	07/10/2013			7		81.71	6071	74	31
PROMEDIO								6583	81	34



RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistenc	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.



SR. LUIS PARRA
REPRESENTANTE LEGAL
HORMISUELOS CIA LTDA



ING. PATRICIO VISCARRA
JEFE DE OPERACIONES
HORMISUELOS CIA LTDA

Decimo cuarto día.



- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



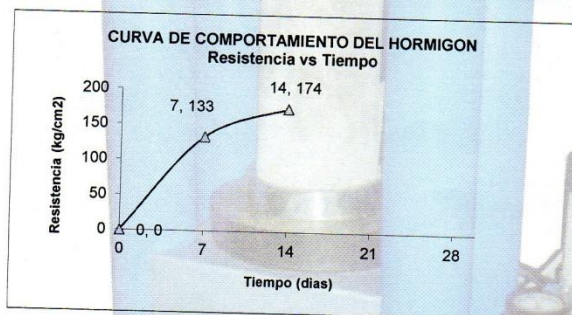
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
 LOCALIZACION QUITO
 HORMIGONERA CONCRETERA
 RESISTENCIA FC' 240
 ADITIVO NO
 MUESTREO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
 ENSAYADO POR : LUIS PARRA
 CALCULADO POR : ING. PATRICIO VISCARRA
 FECHA : 14/10/2013
 INFORME # : 83050


ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C-39

Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
2	30/09/2013	14/10/2013			14	TESIS AMBIENTAL NORMAL	81.71	13942	171	71
5	30/09/2013	14/10/2013			14		81.71	14469	177	74
PROMEDIO								14206	174	72



RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistenc	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.


 SR. LUIS PARRA
 REPRESENTANTE LEGAL
 HORMISUELOS CIA LTDA


 ING. PATRICIO VISCARRA
 JEFE DE OPERACIONES
 HORMISUELOS CIA LTDA

- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



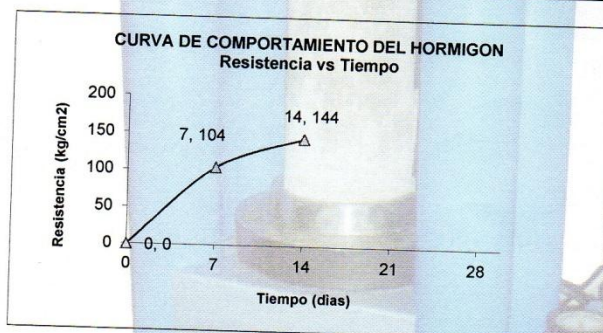
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
LOCALIZACION QUITO
HORMIGONERA CONCRETERA
RESISTENCIA FC' 240
ADITIVO NO
MUESTREO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
ENSAYADO POR : LUIS PARRA
CALCULADO POR : ING. PATRICIO VISCARRA
FECHA : 14/10/2013
INFORME # : 83051


ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C-39

Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
8	30/09/2013	14/10/2013			14	TESIS AMBIENTAL 50%	81.71	11154	137	57
11	30/09/2013	14/10/2013			14		81.71	12447	152	63
PROMEDIO								11801	144	60




RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistenc	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.



SR. LUIS PARRA
REPRESENTANTE LEGAL
HORMISUELOS CIA LTDA



ING. PATRICIO VISCARRA
JEFE DE OPERACIONES
HORMISUELOS CIA LTDA

- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



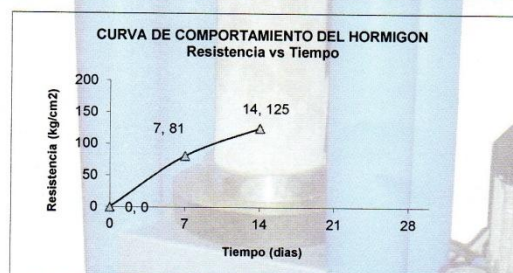
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
LOCALIZACION QUITO
HORMIGONERA CONCRETERA
RESISTENCIA FC' 240
ADITIVO NO
MUESTREO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
ENSAYADO POR : LUIS PARRA
CALCULADO POR: ING. PATRICIO VISCARRA
FECHA : 14/10/2013
INFORME # : 83052


ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C-39

Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
19	30/09/2013	14/10/2013			14	TESIS AMBIENTAL 75%	81.71	10799	132	55
22	30/09/2013	14/10/2013			14		81.71	9682	118	49
PROMEDIO								10241	125	52




RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistend	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.



SR. LUIS PARRA
REPRESENTANTE LEGAL
HORMISUELOS CIA LTDA



ING. PATRICIO VISCARRA
JEFE DE OPERACIONES
HORMISUELOS CIA LTDA

Vigésimo primero día



- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



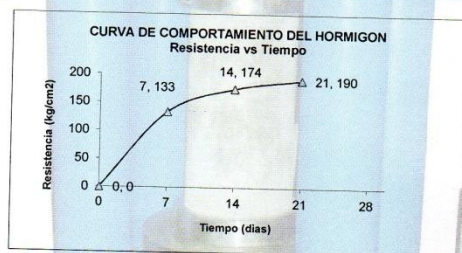
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
 LOCALIZACION QUITO
 HORMIGONERA CONCRETERA
 RESISTENCIA FC' 240
 ADITIVO NO
 MUESTREADO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
 ENSAYADO POR : LUIS PARRA
 CALCULADO POR : ING. PATRICIO VISCARRA
 FECHA : 21/10/2013
 INFORME # : 84138

ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C-39

Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
3	30/09/2013	21/10/2013			21	TESIS AMBIENTAL NORMAL	81,71	15294	187	78
6	30/09/2013	21/10/2013			21		81,71	15781	193	80
PROMEDIO								15538	190	79



RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistend	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.

SR. LUIS PARRA
 REPRESENTANTE LEGAL
 HORMISUELOS CIA LTDA

ING. PATRICIO VISCARRA
 JEFE DE OPERACIONES
 HORMISUELOS CIA LTDA

- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



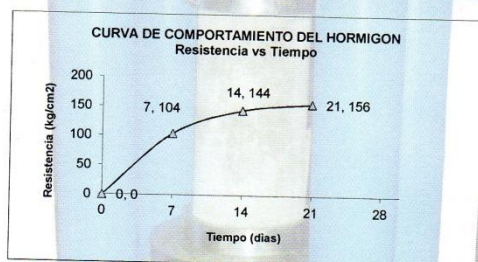
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
LOCALIZACION QUITO
HORMIGONERA CONCRETERA
RESISTENCIA FC' 240
ADITIVO NO
MUESTREADO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
ENSAYADO POR : LUIS PARRA
CALCULADO POR : ING. PATRICIO VISCARRA
FECHA : 21/10/2013
INFORME # : 84139

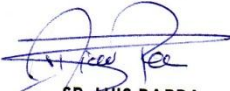
ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C-39


Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
9	30/09/2013	21/10/2013			21	TESIS AMBIENTAL 50%	81.71	12479	153	64
12	30/09/2013	21/10/2013			21		81.71	12983	159	66
PROMEDIO								12731	156	65



RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistenc	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.


SR. LUIS PARRA
REPRESENTANTE LEGAL
HORMISUELOS CIA LTDA


ING. PATRICIO VISCARRA
JEFE DE OPERACIONES
HORMISUELOS CIA LTDA

- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



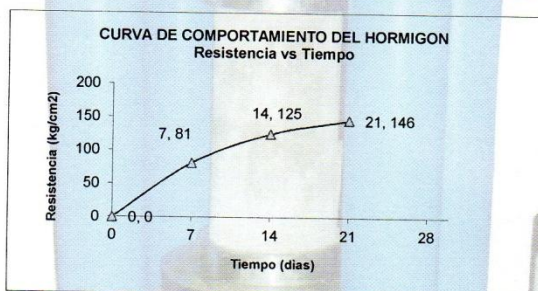
LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR SR. JUAN FRANCISCO MENA
LOCALIZACION QUITO
HORMIGONERA CONCRETERA
RESISTENCIA FC' 240
ADITIVO NO
MUESTREO POR CLIENTE

OBRA TESIS AMBIENTAL
ENSAYADO POR : LUIS PARRA
CALCULADO POR : ING. PATRICIO VISCARRA
FECHA : 21/10/2013
INFORME # : 84140


ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C-39

Nº CIL.	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	ASNT. S/A	No MIXER	EDAD DIAS	ELEMENTO FUNDIDO	AREA CIL	CARGA	RESISTENCIA KG/CM ²	PORCENTAJE %
20	30/09/2013	21/10/2013			21	TESIS AMBIENTAL 75%	81,71	12168	149	62
22	30/09/2013	21/10/2013			21		81,71	11751	144	60
PROMEDIO								11960	146	61



RESISTENCIA Vs. TIEMPO	
Resistenc	Tiempo
65% - 70%	7 días
85% - 90%	14 días
100% - 110%	28 días

Nota: Los porcentajes anteriormente expuestos corresponden a los valores mínimos y máximos **aproximados** que se pueden obtener a través de los resultados que obtengamos en este tipo de ensayos, los mismos que nos permitirán **tener una idea** del desarrollo del hormigón de las probetas ensayadas de los elementos fundidos.


SR. LUIS PARRA
REPRESENTANTE LEGAL
HORMISUELOS CIA LTDA


ING. PATRICIO VISCARRA
JEFE DE OPERACIONES
HORMISUELOS CIA LTDA

Ensayo de Lixiviación

Séptimo día



Rigoberto Heredia Oe6-157 y
Huachi
Quito - Ecuador
T + 59 3 2341 4080
T + 59 3 2259 9280
ABN 84 009 936 029
www.corplab.net
www.asglobal.com

PROTOCOLO N°: 1013-4367	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 4

NOMBRE DEL CLIENTE: JUAN FRANCISCO MENA
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: JUAN FRANCISCO MENA
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO DE AGUAS
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: LOS EUCALIPTOS, CALLE G N-66, CALLE 6
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: OCTUBRE, 07 DEL 2013 / 3:50 / N° DE CADENA DE CUSTODIA: 0005059
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: OCTUBRE 07 AL 25 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 25 DE OCTUBRE DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS
M-0040	M1	75% - 10 ppm MERCURIO	No reportado por el Cliente	No reportado por el Cliente	No reportado por el Cliente	Ninguna Observación
M-0041	M2	50% - 9,6ppm MERCURIO	No reportado por el Cliente	No reportado por el Cliente	No reportado por el Cliente	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


Químico Miguel Maliza
C.P. 122
Gerencia Técnica Corplab Ecuador





CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6-157 y
Huachi
Quito - Ecuador
T + 59 3 2341 4080
T + 59 3 2259 9280
ABN 84 009 936 029
www.corplab.net
www.aslglobal.com

ANEXO DE LA PÁGINA 2 DE 4	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 3 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0040
				M1
MERCURIO	Standard Methods Ed-21-2005, 3112B	PA - 57.00	ug/l	88,35

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0041
				M2
MERCURIO	Standard Methods Ed-21-2005, 3112B	PA - 57.00	ug/l	54,63

Anexo de la página 2 de 4



Vigésimo primer día.



CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6-157 y
Huachi
Quito - Ecuador
T + 59 3 2341 4080
T + 59 3 2259 9280
ABN 84 009 936 029
www.corplab.net
www.asglobal.com

PROTOCOLO N°: 1013-4621	RU-49
	Revisión: 05
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 4

NOMBRE DEL CLIENTE: JUAN FRANCISCO MENA
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: JUAN FRANCISCO MENA
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO DE AGUAS
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: LOS EUCALIPTOS, CALLE G N-86, CALLE 6
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: OCTUBRE, 21 DEL 2013 / 16:20 / N° DE CADENA DE CUSTODIA: 0005090
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: OCTUBRE 21 AL 31 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 31 DE OCTUBRE DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS	OBSERVACIONES
M-0044	M1	MUESTRA 1 (50%)	No reportado por el Cliente			Ninguna Observación
M-0045	M2	MUESTRA 2 (75%)				

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


Químico Miguel Maliza
C.F. 122
Gerencia Técnica Corplab Ecuador





CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6-157 y
Huachi
Quito - Ecuador
T + 59 3 2341 4080
T + 59 3 2259 9280
ABN 84 009 936 029
www.corplab.net
www.asglobal.com

ANEXO DE LA PÁGINA 2 DE 4	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 3 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0044
				M1
MERCURIO	Standard Methods Ed-21-2005, 3112B	PA - 57.00	ug/l	20,20

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0045
				M2
MERCURIO	Standard Methods Ed-21-2005, 3112B	PA - 57.00	ug/l	56,10

Anexo de la página 2 de 4





Organismo de
Acreditación Ecuatoriano



CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN

Corporación de Laboratorios Ambientales del
Ecuador CORPLABEC S.A.

Quito - Ecuador



LABORATORIO DE
ENSAYOS
N° OAE LE 2C 05-005

Se encuentra acreditado por el OAE en cumplimiento con los requerimientos establecidos en la **Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración"**, equivalente a la norma **ISO/IEC 17025:2005 (E)**, y con los criterios y procedimientos de acreditación del OAE.

Esta acreditación demuestra la competencia técnica para la **ejecución de ENSAYOS** en los materiales, técnicas, rangos y métodos de ensayo detallados en el **ALCANCE DE ACREDITACIÓN**, que se realizan en las localizaciones identificadas en el mismo.

El **ALCANCE DE ACREDITACIÓN** es un documento fundamental de la acreditación y puede ser revisado y actualizado cuando sea pertinente, por el OAE. La edición vigente está disponible en la página web del OAE, www.oae.gob.ec, con el mismo nombre y número de acreditación que consta en este certificado.

La acreditación está condicionada al cumplimiento continuo por parte del laboratorio con los requisitos de acreditación del OAE.

La ausencia del nombre del laboratorio y de su alcance de acreditación en la página web del OAE, o la publicación del estado de retiro, indica que la acreditación ya no está vigente.



Dra. Blanca Viera N
DIRECTORA GENERAL DEL OAE

NOTARIA VIGESIMA TERCERA DE QUITO
De acuerdo con la facultad prevista en el numeral 1
Art. 18, de la Ley Notarial, doy fe que la COPIA que
antecede es igual al documento presentado ante mi.
Quito, a 04 JUL 2012
Dra. Gabriela Cordero de QUITO
NOTARIA VIGESIMA TERCERA DE QUITO

ACREDITACIÓN INICIAL: 2005-12-19
Ley 2007-076 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad R.O.-S-26-2007-76, Art. 21.

Bibliografía.

- APHA-AWWA-WPCF.(1992). Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos. Madrid España
- Abburá, R, Sbarto, R. (2009). El manejo de los residuos convencionales y no convencionales. Editorial Brujas. Republica de Argentina
- Baldo, M, García, J (2005), impacto ambiental en áreas afectadas por minería antigua de mercurio en el concejo de Mieres (Asturias) Editorial: Ediuno, Universidad de Oviedo España
- Castro.M(2011).Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador, Quito, CEDA.
- Chacón.E, Lema. G(2012). ESTUDIO COMPARATIVO DE ELEMNTOS FABRICADOS DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO PET (POLIETILENO TEREFTALATO) Y DE HORMIGON CONVENCIONAL. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero civil. Universidad Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería civil y ambiental. Quito-Ecuador.
- Camilla, Gonzales, Espinoza, E.(2007). Manejo de residuos peligrosos. El caso de lámparas fluorescentes, uso y disposición final a nivel de Regiones de Chile. Disponible en la URL. http://www.prevencionintegral.com/articulos/@datos/_ORP2008/815.pdf .[Consulta el 2013]

- Coral.k(2013). Control de la contaminación de aguas residuales. Universidad Internacional SEK. Quito- Ecuador.
- Comparación Lámparas de Bajo Consumo vs Incandescentes. (2013). Secretaria de Energía de la Republica de Argentina Documento disponible en <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2860> [Acceso el 2013-10-16]
- CONELEC. Concejo Nacional de Electricidad.(2009). Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2009 – 2020. Disponible en URL. <http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/PME0920.pdf>. [Consulta el 2013-04-20.]
- CONELEC. Concejo Nacional de Electricidad.(2012). Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2012 – 2021. Disponible en URL. <http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/PME092.pdf>. [Consulta el 2013-09-20.]
- CONELEC. Concejo Nacional de Electricidad.(2009). FOCOS AHORRAN AL ECUADOR. Disponible en URL. <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=2160>. [Consulta el 2013-04-20]
- Enríquez (2000).El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión. Editorial Limusa. México, D.F
- Listado de Gestores Ambientales Calificados (2013). Secretaria del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. Disponible en la URL.<http://www.quitoambiente.gob.ec/web>. [Consulta el 2013]

- Lladonosa. V.(2004) Instalaciones eléctricas de interior: prácticas de taller. Marcombo. Barcelona- España 2004.
- Luminotecnia. Manual de Iluminación de interiores y exterior (2002)Disponible en: <http://edison.upc.edu> (Acceso el 5/08/2013)
- Gutiérrez.C,Cánovas, C.(2009).La actuación frente al cambio climático. EDITUM, España.
- MONTENEGRO.K,Nicolalde.A (2012). DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL TRATAMIENTO DE LÁMPARAS FLUORESCENTES MEDIANTE EL EQUIPO BALCAN MODELO FSL 110 EN NCINEROX CÍA. LTDA. DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO . *Tesis de grado previa a la obtencion del Titulo de Ingeniera Ambienta*. Universidad Central del Ecuador:Quito, Pichincha:
- Moreno.J, Minassian.M.(2009). Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior : y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. Editorial Paraninfo, Madrid.
- Martínez, F. (2003). Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales. Paraninfo. España.
- Ministerio de Ambiente. (2008). Inventario Nacional de emisiones de mercurio y productos que contienen mercurio. Ecuador.
- Oliveros Jesús, et. al. (2002). El lado Gris de la Minería del Oro: Contaminación con Mercurio en el norte de Colombia. Universidad de Cartagena. Grupo de Química Ambiental y Computacional. Colombia. \
- PROYECTO RECOLECCIÓN SELECTIVA E INCLUSIÓN SOCIAL MANUAL DE OPERACIONES. CENTRO DE EDUCACIÓN Y GESTIÓN

AMBIENTAL-CEGAM. ADMINISTRACIÓN ZONAL MANUELA SÁENZ. Quito Ecuador.

- Secretaria Del Ambiente Quito. (29 de noviembre de 2012). *Secretaria Del Ambiente Quito Verde*. Obtenido de Recolección diferenciada de residuos genera dignidad y recursos: http://www.quitoambiente.gob.ec/web/index.php?option=com_k2&view=item&id=154:residuos-centro-hist%C3%B3rico&Itemid=118&lang=es
- SMADF .2002. Residuos de Lámparas fluorescente. documento en Línea acceso en <http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos/06/lamparas.pdf>. visto el 1-20-2013
- Senner.A. (1994). Principios de electrotecnia. Editorial reverté. España Barcelona.
- Rodríguez.R, Doimeadios.M(2000). Aportaciones al conocimiento del estado medioambiental de hidrosistemas de interés internacional situados en Castilla-La Mancha.Número 105 de Colección Tesis doctorales Volumen 105 de Tesis doctorales, Universidad de Castilla-La Mancha. España
- Uso de focos en las viviendas censo (2010). INEC (Instituto Nacional de Censos). Disponible en la URL http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=229%3Alos-hogares-afroecuatorianos-crecieron-866-entre-el-2001-y-el-2010&catid=35%3Anoticiascpv&Itemid=1&lang=es. [Consulta el 2013-04-22]

- US EPA. 1991. Toxicity characteristics leaching procedure. Code of federal regulations. 40 CFR part 261, Method 1311, appendix II