



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“ALTERNATIVAS DE VALORIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO
ENERGÉTICO A TRAVÉS DE CO-PROCESAMIENTO DE
RESIDUOS SÓLIDOS EN LA INDUSTRIA CEMENTERA”**

Tesis para optar al:

Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Presentado por:

Bachiller Valery Dioses Peña

Asesor:

Mg. Alberto Huiman Cruz

LIMA - PERÚ

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 12 de noviembre del 2018.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Susan Mery Medina Canzio
Integrante: Ing. Edith Karina Huanca Flores
Integrante: Ing. María Elena Cieza Calderón

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:
Alternativas de Valorización y aprovechamiento energético a través de Co-procesamiento de residuos sólidos en la industria cementera.

Presentada por la bachiller:

- Valery Dioses Peña

Para optar el Título Profesional de **Ingeniera Ambiental**

Asesorada por:

- Mg. Alberto Huiman Cruz

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Integrante 1: Valery Dioses Peña			Nota (escrito): Dieciocho
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Presidente del Jurado



Miembro del Jurado



Miembro del Jurado



Asesor

Dedicatoria

A mis padres,

Arelis y Raúl.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Dr. Alberto Huiman Cruz por haber confiado en mí y haberme alentado en la elaboración de esta tesis, ya que sin su apoyo incondicional y sus consejos este trabajo no habría podido hacerse realidad.

Agradezco también a mis padres, por estar conmigo en todos los momentos. El logro también es de ellos.

Por último, gracias a todas las instituciones, organismos, archivos, bibliotecas, que de alguna manera contribuyeron a facilitarme el acceso a la información para alcanzar los objetivos trazados en esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
II. MARCO TEÓRICO	7
1. Marco teórico y conceptual	7
1.1. La industria del cemento	7
1.2. Experiencias de otros países en co-procesamiento	16
1.3. Aprovechamiento y valorización.....	18
1.4. Alternativas	19
2. Marco político y legal	20
3. Marco geográfico	22
III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	24
1. Hipótesis	24
2. Objetivo General	24
3. Objetivos específicos	24
IV. METODOLOGÍA Y MATERIALES	26
1. Tipo y diseño de investigación	26
2. Unidad de análisis.....	26

3. Población de estudio	26
4. Tamaño de muestra	26
5. Selección de muestra.....	27
6. Técnicas de recolección de datos	27
7. Análisis e interpretación de información.....	27
V. DISCUSIÓN Y RESULTADOS	30
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES.....	62
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Índice de consumo interno de cemento (comprende despacho local e importación de cemento)	3
Figura 2 Composición del Cemento Portland Tipo IP por Yura S.A.	9
Figura 3 Proceso de producción industrial del cemento	10
Figura 4 Evolución Mensual del Despacho Total de Cemento: 2015-2017. Variación Porcentual	13
Figura 5 Evolución Mensual de la Actividad del Sector Construcción (PBI de Construcción): 2015-2017. Variación Porcentual (%)	14
Figura 6 Principio de la ecología industrial y territorial	17
Figura 7 Ubicación distrital	32
Figura 8 Potenciales puntos de alimentación de combustibles alternativos provenientes de residuos en un horno cementero	477
Figura 9 Zonas de influencia geográfica de las empresas cementeras	555

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo de combustibles en hornos.....	4
Tabla 2 Normas referentes a residuos sólidos en el Perú	21
Tabla 3 Centros poblados y urbanos del distrito de Yura	33
Tabla 4 Estimación de residuos a generarse por un proyecto de construcción	39
Tabla 5 Temperaturas necesarias en las etapas de producción del cemento	43
Tabla 6 Características Técnicas del Cemento Portland Tipo IP producido por Yura.....	44
Tabla 7 Análisis químico de algunas puzolanas naturales y artificiales	51

RESUMEN

La industria del cemento, en constante crecimiento, es una de las mayores generadoras de residuos sólidos y demandante de energía para la ejecución de sus procesos. En búsqueda del desarrollo sostenible, el co-procesamiento, una operación combinada en la que se queman y destruyen los residuos, aprovechándose la energía generada, representa una alternativa para la industria cementera por las altas temperaturas que involucra la producción del Clinker.

La presente investigación pretende desarrollar una alternativa de valorización y aprovechamiento de material, a través de co-procesamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) del distrito de Yura, provincia y región de Arequipa. Para ello se elaboró un diagnóstico de la situación actual de los RCD generados en Yura; se realizó el análisis y correlación de información concerniente a la demanda energética del proceso de producción del cemento, características del cemento de mayor demanda en la zona, condiciones para el uso de combustibles alternativos, composición química de los RCD y la observación de los componentes químicos con influencia de calor, entre otros; y finalmente, proponer alternativas de valorización y aprovechamiento sobre la base de lo experimentado.

Se obtuvo que los componentes del hormigón no son en su mayoría materiales de naturaleza inflamable, por lo que no lograría sustituir al carbón en su totalidad como fuente de energía de los hornos rotatorios. Sin embargo, el cemento producido por Yura S.A contiene material puzolánico, el que, de acuerdo a la literatura, presenta

reacciones exotérmicas a temperaturas de 242.6 °C; por lo que se puede inferir que, si se agregan RCD, tal como es el hormigón, como aditivo al carbón que alimenta los hornos rotatorios, podría aportar calor al proceso; y a su vez, formar parte del producto final.

Palabras clave: Co-procesamiento, hornos rotatorios, desarrollo sostenible, RCD.

ABSTRACT

Cement industry, in constant growing, is one of the largest generators of solid waste and energy demanding. In pursuit of sustainable development, coprocessing represents an alternative for this industry, because it's a combined operation in which waste is burned and destroyed, generating energy.

This research aims to develop an alternative of valorization and resource efficiency, through co-processing of the construction and demolition waste (CDW), generated in the Yura district, province and region of Arequipa. To this end, a diagnosis of the current situation of the CDW produced in Yura; an analysis and correlation of information regarding the energy requirements in cement production, characteristics of the cement with greater demand in the area, conditions for alternative fuels utilization, CDW chemical composition and the components under heat influence; and finally, alternative proposition of valorization and resource utilization.

Among the results was that most of the concrete components aren't flammable, so the conversion from coal to CDW would be infeasible as an energy source in rotary kilns. However, Yura's cement contains pozzolanic material, which according to the literature, presents exothermic reactions at 242.6 °C. Taking this into account, it can be inferred that concrete is added, as an additive to the coal

feeding the rotary kilns, it could provide heat to the process, and therefore become part of the final product.

Key words: Coprocessing, rotatory kilns, sustainable development, CDW.