



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**Modelo matemático de la distribución del dióxido de
azufre (SO₂) en el centro histórico de la ciudad de
Riobamba - Ecuador, en el periodo 2015-2017**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias
Ambientales

AUTOR

Silvio Augusto ÁLVAREZ LUNA

ASESOR

Oscar Rafael TINOCO GÓMEZ

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Álvarez, S. (2017). *Modelo matemático de la distribución del dióxido de azufre (SO₂) en el centro histórico de la ciudad de Riobamba - Ecuador, en el periodo 2015-2017*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 (Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y
 GEOGRÁFICA**



UNIDAD DE POSGRADO

«Año del buen servicio al ciudadano»

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Lima, a los dieciocho días del mes de diciembre del 2017, siendo las 15:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 963/UPG-FIGMMG/2017 del 07 de diciembre de 2017, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

«MODELO MATEMÁTICO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂) EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA – ECUADOR, EN EL PERIODO 2015 – 2017»

Que, presenta el MG. SILVIO AUGUSTO ÁLVAREZ LUNA, para optar el GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES.

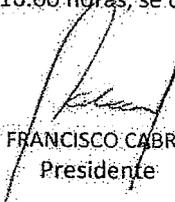
El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente 06361-FIGMMG-2013 del 26 de agosto del 2013, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas de la Directiva para el procedimiento de la elaboración de la tesis para la obtención del Grado de Magister o Doctor (Aprobado por Resolución Directoral 080,EPG.2010).

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

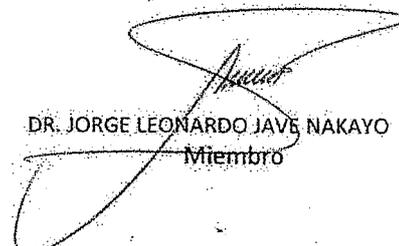
APROBADO (14)

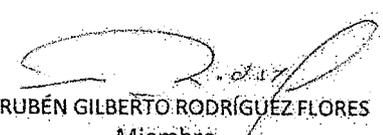
Habiendo sido aprobada la sustentación de la tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES a el MG. SILVIO AUGUSTO ÁLVAREZ LUNA.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico.


 DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
 Presidente


 DRA. SILVIA DEL PILAR IGLESIAS LEÓN
 Secretaria


 DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO
 Miembro


 DR. RUBÉN GILBERTO RODRÍGUEZ FLORES
 Miembro


 DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ
 Asesor

RESUMEN

En Riobamba los casos de enfermedades relacionadas con las vías respiratorias y cardiovasculares han hecho que las instituciones responsables tanto de las políticas públicas, cuanto de la salud y la educación, como son el Ministerio de Salud, GAD Municipal, ESPOCH, SOLCA y otros comiencen a preocuparse por el aumento progresivo de la patología expuesta. Riobamba no tiene una institución que monitoree permanentemente la calidad de su aire, existiendo a la fecha solo dos estudios registrados sobre el caso; el uno referente a CORPAIRE de Quito del 2008 al 2010 y el inventario de emisiones del 2010 publicado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador en 2014. En el primer caso, el informe determina que el SO₂ no incide de manera peligrosa en la atmósfera de Riobamba, satisfaciendo ampliamente los niveles de tolerancia propuestos por el MAE y EPA; sin embargo, la metodología a través de la cual se realizó dicho estudio, dista de dar resultados fidedignos e idóneos por solo haberse utilizado para el efecto la cromatografía iónica y los muestreos pasivos y no activos minuto a minuto, registrando un amplio sesgo en los promedios anuales. En el segundo caso, solamente se calculan las concentraciones de SO₂ debidas a las fuentes fijas y móviles, sin tomar en cuenta las situaciones meteorológicas de la ciudad y en especial las inversiones térmicas que concentran contaminantes que a los 2754 msnm no son elásticos. En este estudio introductorio se contrastaron los documentos de CORPAIRE y el MAE, dando como resultado que el promedio per cápita de toneladas por año de SO₂ en Riobamba, supera a la de los grandes países industrializados como Brasil, Japón, España y Argentina y es superado solo por países como EEUU y China; este hecho contradice las conclusiones que se derivan de los monitoreos pasivos realizados por CORPAIRE en 2010. Se aplicó el diseño de componentes principales, para caracterizar la distribución y movimiento del SO₂ en el Centro Histórico de Riobamba.

Palabras clave: SO₂, Distribución de contaminantes, Centro Histórico de Riobamba, Modelo de distribución de contaminantes del aire, ciencias ambientales.

ABSTRACT

In Riobamba cases related to respiratory and cardiovascular, disease pathways have done that institutions both public policies regarding health and education such as the Ministry of Health, Municipal GAD, ESPOCH, SOLCA and others begin to worry about the progressive increase of pathology exposed. Riobamba has not an institution that monitors the quality of its air and there are only two studies registered on the case; one being, the reference to CORPAIRE of Quito from 2008 to 2010 and 2010 emissions inventory published by the Ministry of Environment of Ecuador in 2014.

In the first case the report determines that the SO₂ dangerously no effect on the atmosphere of Riobamba, matter that amply satisfies levels proposed by the MAE and EPA tolerance, however, the methodology through which the study was conducted is far from giving reliable and suitable results because have been used to effect ion chromatography and passive sampling and no assets minute by minute recording a large bias in annual averages. In the second case only SO₂ concentrations are calculated due to the fixed and mobile sources regardless of the weather conditions of the city and especially inversions that concentrate contaminants to 2754 m are not elastic. In this introductory study documents of CORPAIRE and MAE resulting in the average per capita tons per year of SO₂ in Riobamba exceeds that of the major industrialized countries like Brazil, Japan, Spain and Argentina and is exceeded is contrasted only by countries like the US and China; This fact contradicts the conclusions derived from passive monitoring conducted by CORPAIRE in 2010. PCD was applied to explain distribution and movement of SO₂ in Riobamba historical center.

Keywords: SO₂, air quality index, Historic Centre of Riobamba, Model dispersion of air pollutants, environmental science.