



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN – TESIS DE GRADO

AUTORES: SILVIA YOHANA SUAREZ ACEVEDO
CARLOS ALBERTO ZUÑIGA ROJAS

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA DE PRODUCCION INDUSTRIAL

DIRECTOR: PEDRO SAÚL RIVERA CARVAJAL

TITULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCION DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO A NIVEL DE LABORATORIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

RESUMEN:

Se realizaron análisis fisicoquímicos de las muestras de agua obtenidas de los pozos, con el fin de señalar los altos niveles de dureza y establecer los aditivos que complementen el desempeño de la cal obtenida en el tratamiento. De igual manera se comparó la eficiencia del producto obtenido en la remoción de dureza del agua, con los métodos de ablandamiento con cal, cal sodada, carbonato bórico-cal, resinas de intercambio catiónico.

CARACTERISTICAS:

PAGINAS: 133

PLANOS:

ILUSTRACIONES:

CD-ROM: 1

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCION DE UNA CAL PARA EL
SUAVIZAMIENTO A NIVEL DE LABORATORIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS,
UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL
ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

SILVIA YOHANA SUAREZ ACEVEDO
CARLOS ALBERTO ZUÑIGA ROJAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE PRODUCCION INDUSTRIAL
SAN JOSE DE CUCUTA
2006

EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCION DE UNA CAL PARA EL
SUAVIZAMIENTO A NIVEL DE LABORATORIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS,
UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL
ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

SILVIA YOHANA SUAREZ ACEVEDO
CARLOS ALBERTO ZUÑIGA ROJAS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al titulo de
Ingeniero de Producción Industrial

Director
PEDRO SAÚL RIVERA CARVAJAL
Licenciado en Biología y Química

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE PRODUCCION INDUSTRIAL
SAN JOSE DE CUCUTA
2006



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA : 09 DE OCTUBRE DE 2006 HORA: 4:00 p. m.

LUGAR : EDIFICIO CREAD SALA No. 3

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

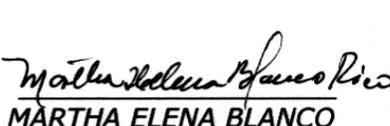
TITULO DE LA TESIS: "EVALUACIÓN DE CALIZAS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA CAL PARA EL SUAVIZAMIENTO A NIVEL DE LABORATORIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER"

JURADOS : ENRIQUE ASELA MOROS
MARILSE ARAQUE PABÓN
MARTHA ELENA BLANCO

DIRECTOR : INGENIERO PEDRO SAUL RIVERA CARVAJAL

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CÓDIGO	CALIFICACIÓN		
		NUMERO	LETRA	(A)(M)(L)
SILVIA YOHANA SUAREZ ACEVEDO	190161	4,2	CUATRO, DOS	APROBADA
CARLOS ALBERTO ZUÑIGA ROJAS	190021	4,2	CUATRO, DOS	APROBADA

FIRMA DE LOS JURADOS


 ENRIQUE ASELA MOROS
 
 MARILSE ARAQUE PABÓN
 
 MARTHA ELENA BLANCO

Vo.Bo. 
 FABIO ORLANDO SEGURA ESCOBAR
 Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Este logro comenzó con el esfuerzo de mis padres, Jesús y Helena, y su infinito anhelo de un futuro para mí; obra que luego fue apoyada por mi esposo, Luis Alberto y mi hijo Sebastián, que es y seguirá siendo el motor de mi existencia.

Agradezco enormemente a todos ellos, a mis hermanos Daniel, Beatriz y Sara por su apoyo incondicional, a mi gran amigo Carlos Alberto, quien permaneció firme en este arduo camino y aceptó con paciencia mis errores y dificultades.

Ellos están en mi diario vivir, por el gran amor de Dios para conmigo, que paso a paso ha puesto a mi lado, seres queridos y oportunidades que me han dominado cada día más.

Silvia Yohana

A Dios y a la Santísima Virgen María primeramente por haberme permitido alcanzar esta meta e iluminado con tanto entendimiento y sabiduría, levantándome en esos momentos difíciles.

A mis padres, Olinto Zúñiga y Griceldina Rojas porque gracias a ellos existo y están presentes en el logro más importante de mi vida personal.

A mis hermanos, Alexandra, claudia, Ricardo por su apoyo incondicional en el día a día, y especialmente a mis sobrinas Alana Os Claudi y Alexa Fabiana.

A mi novia Viviana Vivas, la cual con su amor y comprensión logré alcanzar este sueño tan anhelado.

A mi compañera, Silvia Suárez, por compartir conmigo esta gran experiencia tan Fructífera y enriquecedora, y haber mostrado esa parte humana tan valiosa.

A la universidad Francisco de Paula Santander por los conocimientos recibidos durante estos años de estudio y demás personas que de manera desinteresada se vincularon al proyecto.

Carlos Alberto

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a:

Pedro Saúl Rivera Carvajal, director de nuestro proyecto, porque de una u otra manera ha sido artífice fundamental para obtener este gran logro.

Al Doctor Jaime Dulce Moreno, por ser un gran guía en el desarrollo del presente trabajo.

María Eugenia Moreno Hernández, Ingeniera Química, por su paciencia y colaboración a lo largo de este tiempo.

Al Ingeniero Jorge Corredor, que gracias a su experiencia y dedicación se logró este gran objetivo.

Al Ingeniero Juan María Torres Caicedo, por su colaboración e interés en el presente trabajo.

A la empresa Cemex de Colombia S.A, por su aporte científico fundamental para la realización de este propósito.

A todo el personal del Laboratorio de Química de la U.F.P.S, por su paciencia en todas las actividades desarrolladas a lo largo de este trabajo.

Al Laboratorio de Suelos de la U.F.P.S, en especial al Ingeniero Oscar Dallos por habernos permitido su espacio, y ayudado con toda su experiencia.

Al Laboratorio de Carbones de la U.F.P.S, en especial al Tecnólogo Helmer Rojas por apoyarnos en todo su trabajo y dedicación.

A la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR, por habernos facilitado información valiosa para la fundamentación del presente trabajo.

Al Fondo Rotario de Investigación y Extensión, por su apoyo tanto humano como económico que nos brindaron a través del Fondo de Investigación Universitario FINU.

Al Grupo de Investigación y Desarrollo para el Control de Aguas GIDCA, por habernos acogido y apoyado de manera incondicional.

A las autoridades Municipales de Villa del Rosario y a las Juntas de Acción Comunal de las urbanizaciones privadas, por facilitar el acceso a sus residencias colaborándonos en todo lo que estaba a su alcance.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	21
1. GENERALIDADES DE LAS CALIZASY DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	25
1.1 CALIZAS	25
1.2 CAL	26
1.3 AGUAS SUBTERRÁNEAS	28
1.4 TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	30
2. RECOLECCION Y ANALISIS DE CALIZAS Y AGUAS SUBTERRANEAS	31
2.1 ASPECTOS GENERALES	31
2.1.1 Calizas	31
2.1.2 Aguas subterráneas	33
2.2 MUESTREO	39
2.2.1 Muestreo de calizas	39
2.2.2 Muestreo de pozos subterráneos	42
2.3 ANÁLISIS	51

2.3.1 Análisis fisicoquímicos para aguas subterráneas	51
2.3.2 Análisis químico de calizas	58
2.4 MÉTODOS DE ABLANDAMIENTO	59
2.4.1 Ablandamiento con exceso de cal	59
2.4.2 Ablandamiento por precipitación química con mezcla de cal y carbonato de sodio	60
2.4.3 Ablandamiento del agua con carbonato bórico y cal	62
2.4.4 Intercambio catiónico ó por resinas	62
2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	63
2.6 MODELOS DE ABLANDAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	64
2.6.1 Modelo sistema de ablandamiento por resinas cationicas	64
2.6.2 Modelo sistema de ablandamiento con cal y sulfato de aluminio	66
3. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	69
3.1 RESULTADOS	69
3.1.1 Caracterización química de calizas	69
3.1.2 Caracterización fisicoquímica de aguas subterráneas	75
3.1.3 Tratamientos de dureza	78
3.1.4 Comportamiento de la cal hidratada en combinación con otros aditivos	94

3.1.5 Determinación de dosis óptima	99
3.1.6 Resultados análisis estadísticos de los datos	107
3.2 DISEÑO DE MODELOS DE ABLANDAMIENTO PARA AGUAS SUBTERRANEAS	120
3.2.1 Modelo de ablandamiento por resinas catiónicas	120
3.2.2 Modelo de ablandamiento con cal y sulfato de aluminio	120
4. CONCLUSIONES	122
5. RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS	126