

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería



**PROPUESTA DE UN SISTEMA NATURAL UTILIZANDO LA CÁSCARA
DE BANANO PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO II**

Trabajo de graduación presentado por
Luisa Fernanda Mollinedo Romero
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

Guatemala,
2021

**PROPUESTA DE UN SISTEMA NATURAL UTILIZANDO LA CÁSCARA DE
BANANO PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO II**

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería

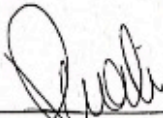


**PROPUESTA DE UN SISTEMA NATURAL UTILIZANDO LA CÁSCARA
DE BANANO PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO II**

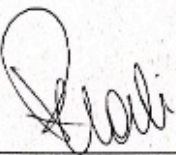
Trabajo de graduación presentado por
Luisa Fernanda Mollinedo Romero
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

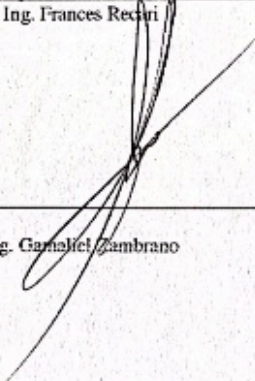
Guatemala,
2021

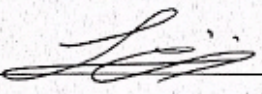
Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Frances Recari

Tribunal examinador:

(f) 
Ing. Frances Recari

(f) 
Ing. Camalel Zambrano

(f) 
Ing. Luis Núñez

Fecha de aprobación: Guatemala 17 de febrero de 2021

PREFACIO

La realización de esta tesis es producto de una investigación que se realizó hace diez años en la Universidad Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil por la Doctora en Ciencias Químicas Milena Boniolo, a quien se le concede el descubrimiento de utilizar la cáscara de banano como descontaminante de uranio presente en el agua. Boniolo aseguraba que su siguiente reto era buscar socios que le permitieran utilizar la técnica a escala industrial; no obstante, hasta hoy en día se desconoce si se logró contactar con alguna identidad interesada en el tema.

Debido a lo anterior y a que los cultivos principales de Guatemala son la caña de azúcar, maíz, **banano**, café y cardamomo; me cuestioné el uso que se le da a los residuos orgánicos del banano en Guatemala. Al darme cuenta que no se le daba un uso industrial, pues solamente se recuperaban para utilizarlos como alimento para animales o para abono; me propuse a darle seguimiento al reto que se había planteado la Doctora Boniolo pero con otro metal pesado que fuese más probable de encontrar en las aguas del territorio guatemalteco. Aunque todavía parecía muy general e imposible de llevar a cabo debido a la recientemente descubierta enfermedad por coronavirus (COVID 19), la tesis finalmente se titula: *Propuesta de un sistema natural utilizando la cáscara de banano para la remoción de plomo II*.

Agradezco infinitamente a Dios por darme salud, por cuidarme y guiarme, por ser mi refugio en los momentos más difíciles de mi vida, y por premiarme con una excelente mamá que me dio la oportunidad de estudiar en la Universidad del Valle De Guatemala. A mi mami, Mirna Mollinedo, por darme las fuerzas y motivarme las veces que eran necesarias para llegar hasta el final de este largo trayecto y porque sin su apoyo y amor esto no hubiese sido posible. A mi madrina, Iliana Estrada, por ser una de las personas más influyentes en mi vida, quien siempre me ha ayudado desde el día uno de mi existencia. A mis abuelitos, mamá Olgui y papá Rodolfo, por llenarme de mucho amor y por creer en mí. A mis amigos: Diego Garzaro, Andrea Jaser, Melissa Cruz, Leslie De León, César Catalán, Carol Mayorga, Ana Gómez, Carmen Pivaral, Álvaro Mérida y Melissa Duarte, por acompañarme durante esta corta permanencia en la universidad, por hacer más llevaderos mis problemas, por compartir conmigo momentos inolvidables y por estar presentes a lo largo de toda o la mayor parte de la realización de esta tesis. A mi Alma Mater, Universidad del Valle De Guatemala, a la Facultad de Ingeniería química, a mi asesora Ing. Frances Recari, a mis catedráticos:

Ing. Carmen Ortíz, Ing. Gamaliel Zambrano, Ing. Luis Núñez, Ing. Jaime Rosales, Ing. Jorge Muñoz, por su paciencia, asesoría y por compartir conmigo su conocimiento que contribuyó notablemente en el desarrollo de mi tesis. A José Coc, por brindarme su apoyo y tiempo para poder llevar a cabo la realización de la parte experimental de mi trabajo.

Sin duda, este nuevo logro es en gran parte gracias a todos ustedes, pues a pesar de que parecía un trabajo difícil de terminar, más aún por las consecuencias que trajo consigo el coronavirus (COVID-19), lo he concluido con éxito. Llevo conmigo la experiencia de platicar y convivir con todos ustedes. Dedico este trabajo principalmente a Dios y a todos ustedes, quienes pintan una sonrisa de colores, todos los días, en el lienzo gris de mi rostro.

CONTENIDO

PREFACIO	V
LISTADO DE CUADROS	X
LISTA DE DE FIGURAS	XV
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III. OBJETIVOS	3
A. GENERAL	3
B. ESPECÍFICOS.....	3
IV. JUSTIFICACIÓN	4
V. MARCO TEÓRICO	5
A. EL AGUA	5
1. <i>Recursos de agua subterránea</i>	5
2. <i>Recursos de agua superficial</i>	6
3. <i>Calidad del agua</i>	6
4. <i>Agua potable y saneamiento</i>	7
5. <i>Aguas residuales</i>	8
6. <i>Contaminación del agua</i>	9
B. METALES PESADOS	10
1. <i>Plomo</i>	11
2. <i>Técnicas de tratamiento para la remoción de metales pesados</i>	11
C. ADSORCIÓN	12
1. <i>Tipos de adsorción</i>	12
2. <i>Isotermas de adsorción</i>	13
3. <i>Funamentos de la adsorción</i>	15
4. <i>Parámetros que afectan en la adsorción</i>	17
5. <i>Bioadsorción</i>	19
D. INTERCAMBIO IÓNICO	20
1. <i>Propiedades del proceso de intercambio iónico</i>	20
2. <i>Resinas intercambiadoras de iones</i>	20
E. BANANO.....	22
1. <i>Cáscara de banano</i>	23
2. <i>Guatemala como país exportador de banano</i>	23
F. PIEDRA PÓMEZ.....	25

1.	<i>Identificación de los peligros</i>	25
2.	<i>Composición sobre los componentes</i>	26
3.	<i>Propiedades físicas y químicas</i>	26
4.	<i>Panorama mundial</i>	26
G.	ENSAYO GRANULOMÉTRICO	27
1.	<i>Porcentaje retenido acumulado</i>	27
2.	<i>Porcentaje retenido parcial</i>	27
3.	<i>Porcentaje retenido acumulado que pasa</i>	27
H.	ESPECTROSCOPIA INFRARROJA (IR)	28
1.	<i>Espectro electromagnético</i>	28
2.	<i>Región infrarroja</i>	28
3.	<i>Medición del espectro IR</i>	29
I.	ESPECTROSCOPIA ATÓMICA	30
1.	<i>Espectrofotometría de absorción atómica</i>	30
J.	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE BIORESINA	31
1.	<i>Densidad aparente</i>	31
K.	ESCALAMIENTO DE COLUMNA CATIONICA	32
1.	<i>Similitud geométrica</i>	32
2.	<i>Área de paso de la columna del sistema</i>	33
3.	<i>Altura del lecho</i>	34
4.	<i>Relación de esbeltez (L/D)</i>	34
5.	<i>Porcentaje de expansión del lecho</i>	34
6.	<i>Expansión del lecho por hinchazón de resina</i>	34
7.	<i>Altura del lecho hinchado</i>	35
8.	<i>Cabezales toriesféricos</i>	35
L.	TRANSPORTE Y MEDIDA DE FLUIDOS	36
1.	<i>Válvulas</i>	36
2.	<i>Tubos y tuberías</i>	37
3.	<i>Bombas</i>	41
M.	CÁLCULO Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	44
1.	<i>Tasa interna de retorno</i>	44
N.	ERRORES ALEATORIOS EN EL ANÁLISIS QUÍMICO	45
1.	<i>Tratamiento estadístico</i>	46
2.	<i>Desviación estándar de los resultados calculados</i>	46
VI.	ANTECEDENTES	48
VII.	MATERIALES Y EQUIPOS	49
VIII.	METODOLOGÍA	50
IX.	RESULTADOS	63
X.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
XI.	CONCLUSIONES	77
XII.	RECOMENDACIONES	78
XIII.	BIBLIOGRAFÍA	79

XIV.	ANEXOS	86
A.	DATOS ORIGINALES	86
B.	CÁLCULOS DE MUESTRA	124
C.	ANÁLISIS DE ERROR	143
D.	DATOS CALCULADOS	145
A.	FOTOGRAFÍAS DE EXPERIMENTACIÓN	223
B.	FOTOGRAFÍAS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL AVANZADO	228
C.	IFORMACIÓN ADICIONAL	294
XV.	GLOSARIO.....	314

LISTADO DE CUADROS

CUADRO 1. ÁREA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO.	24
CUADRO 2. PROPAGACIONES DEL ERROR EN CÁLCULOS ARITMÉTICOS.	47
CUADRO 4. PESAJE DE BIORESINA SECA PARA PRUEBAS DE REMOCIÓN DE PLOMO II.	64
CUADRO 5. MEDIDAS DE LA COLUMNA DEL SISTEMA A ESCALA LABORATORIO.	65
CUADRO 6. VOLÚMENES DE LOS COMPONENTES DE LA COLUMNA DEL SISTEMA TANTO A ESCALA LABORATORIO COMO SU ESCALAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS PROPORCIONES.	65
CUADRO 7. DIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL SISTEMA TANTO A ESCALA LABORATORIO COMO SU ESCALAMIENTO.	65
CUADRO 8. DIMENSIONAMIENTO DE CABEZALES TORIÉSFERICOS DEL TIPO ASME FLANGED & DISHED.	66
CUADRO 9. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS ESTÁNDAR DE ACERO.	66
CUADRO 10. CONCENTRACIÓN DE ADSORBATO EN LA FASE SÓLIDA RESPECTO A UN DETERMINADO TIEMPO Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO (II) CADA DIEZ MINUTOS.	68
CUADRO 11. CONCENTRACIÓN DE ADSORBATO EN LA FASE SÓLIDA RESPECTO A UN DETERMINADO TIEMPO Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO (II) CADA HORA.	69
CUADRO 12. CONCENTRACIÓN DE ADSORBATO EN LA FASE SÓLIDA RESPECTO A UN DETERMINADO TIEMPO Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO (II) CADA ONCE HORAS.	69
CUADRO 13. PESAJE DE BANANO SIN PELAR Y SOLO DE LA CÁSCARA.	86
CUADRO 14. VARIACIÓN EN PESO DE CÁSCARA DE BANANO A LO LARGO DEL TIEMPO DE SECADO.	87
CUADRO 15. CANTIDAD DE RESINA RETENIDA EN CADA TAMIZ DEL TAMIZADOR TIPO SHAKER.	88
CUADRO 16. PESAJE DE NITRATO DE PLOMO <i>Pb NO32</i> PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN MADRE A <i>20ppm</i> DE PLOMO II (<i>Pb</i>).	88
CUADRO 17. PESAJE DE BIORESINA SECA PARA PRUEBAS DE SOLUBILIDAD Y PH EN AGUA DESTILADA.	89
CUADRO 18. DETERMINACIÓN DE PH DE BIORESINA EN AGUA DESTILADA.	89
CUADRO 19. PESAJE DE PROBETA DE 100ML CON Y SIN RESINA SECA.	90
CUADRO 20. PRUEBA PARA DETERMINACIÓN DE EXPANSIÓN DE LECHO.	90
CUADRO 21. VOLUMEN DE AGUA A TRATAR Y TIEMPO DE LLENADO.	91
CUADRO 22. PESAJE DE BIORESINA SECA PARA PRUEBAS DE ADSORCIÓN.	91
CUADRO 23. MEDIDAS DE COLUMNA A ESCALA LABORATORIO.	91
CUADRO 24. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS.	92
CUADRO 25. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	93
CUADRO 26. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	94
CUADRO 27. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	95
CUADRO 28. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	96
CUADRO 29. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	97
CUADRO 30. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	98
CUADRO 31. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	99
CUADRO 32. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	100
CUADRO 33. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	101
CUADRO 34. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	102
CUADRO 35. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	103
CUADRO 36. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	104
CUADRO 37. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	105
CUADRO 38. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA HORA.	106
CUADRO 39. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA HORA, CONTINUACIÓN.	107

CUADRO 40. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA HORA, CONTINUACIÓN.	108
CUADRO 41. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA HORA, CONTINUACIÓN.	109
CUADRO 42. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA HORA, CONTINUACIÓN.	110
CUADRO 43. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA HORA, CONTINUACIÓN.	111
CUADRO 44. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA HORA, CONTINUACIÓN.	112
CUADRO 45. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS.....	112
CUADRO 46. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	113
CUADRO 47. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	114
CUADRO 48. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	115
CUADRO 49. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA DIEZ MINUTOS.....	115
CUADRO 50. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	116
CUADRO 51. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	117
CUADRO 52. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	118
CUADRO 53. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	119
CUADRO 54. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA HORA.....	120
CUADRO 55. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA HORA, CONTINUACIÓN.	121
CUADRO 56. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA HORA, CONTINUACIÓN.	122
CUADRO 57. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA ONCE HORAS.....	122
CUADRO 58. VOLUMEN DE MUESTRA Y TIEMPO DE LLENADO CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	123
CUADRO 59. TIEMPO QUE LE TOMA TANTO AL AGUA DESTILADA SIN CONTAMINAR COMO A LA CONTAMINADA DE PLOMO II, IR DE LA MARCA “D” A “E” DEL VISCOSÍMETRO.	123
CUADRO 60. PORCENTAJE QUE REPRESENTA LA CÁSCARA DE BANANO EN TODO EL FRUTO.	145
CUADRO 61. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE LA CÁSCARA DE BANANO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE SECADO.....	146
CUADRO 62. ENSAYO GRANULOMÉTRICO.....	148
CUADRO 63. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE PESO DE BIORESINA PARA PRUEBAS DE PH Y SOLUBILIDAD PARA AGUA DESTILADA.....	148
CUADRO 64. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL PH DE BIORESINA EN AGUA DESTILADA.	149
CUADRO 65. DENSIDAD APARENTE SECA DE RESINA.	149
CUADRO 66. EXPANSIÓN DE BIORESINA.	150
CUADRO 67. DILUCIONES DE PLOMO (<i>Pb</i>) A PARTIR DE LA SOLUCIÓN MADRE QUE ESTÁ A 20ppm DE PLOMO (<i>Pb</i>) PARA ELABORACIÓN DE CURVA DE CALIBRACIÓN.	150
(ELABORACIÓN PROPIA).....	151
CUADRO 68. CURVA DE CALIBRACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO (II) EN AGUA.....	151
CUADRO 69. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS.	152
CUADRO 70. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	153
CUADRO 71. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	154
CUADRO 72. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	155
CUADRO 73. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	156
CUADRO 74. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	157
CUADRO 75. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	158

CUADRO 76. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	159
CUADRO 77. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	160
CUADRO 78. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	161
CUADRO 79. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	162
CUADRO 80. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	163
CUADRO 81. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	164
CUADRO 82. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	165
CUADRO 83. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	166
CUADRO 84. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA HORA.	167
CUADRO 85. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA HORA, CONTINUACIÓN.	168
CUADRO 86. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA HORA, CONTINUACIÓN.	169
CUADRO 87. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA HORA, CONTINUACIÓN.	170
CUADRO 88. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA HORA, CONTINUACIÓN.	171
CUADRO 89. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA HORA, CONTINUACIÓN.	172
CUADRO 90. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA HORA, CONTINUACIÓN.	173
CUADRO 91. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA ONCE HORAS.	173
CUADRO 92. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	174
CUADRO 93. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	175
CUADRO 94. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR CORRIDA PARA CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	176
CUADRO 95. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR TIEMPO DE CONTACTO CADA DIEZ MINUTOS.	177
CUADRO 96. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR TIEMPO DE CONTACTO CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	178
CUADRO 97. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR TIEMPO DE CONTACTO CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	179
CUADRO 98. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR TIEMPO DE CONTACTO CADA DIEZ MINUTOS, CONTINUACIÓN.	180
CUADRO 99. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR TIEMPO DE CONTACTO CADA HORA.	180

CUADRO 100. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR TIEMPO DE CONTACTO CADA HORA, CONTINUACIÓN.	181
CUADRO 101. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DETERMINACIÓN DE PLOMO POR TIEMPO DE CONTACTO CADA ONCE HORAS.	182
CUADRO 102. CONCENTRACIÓN DE ADSORBATO EN LA FASE SÓLIDA RESPECTO A UN DETERMINADO TIEMPO Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO (II) CADA DIEZ MINUTOS.	183
CUADRO 103. CONCENTRACIÓN DE ADSORBATO EN LA FASE SÓLIDA RESPECTO A UN DETERMINADO TIEMPO Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO (II) CADA HORA.	184
CUADRO 104. CONCENTRACIÓN DE ADSORBATO EN LA FASE SÓLIDA RESPECTO A UN DETERMINADO TIEMPO Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO (II) CADA ONCE HORAS.	184
CUADRO 105. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL VOLUMEN Y TIEMPO DE LLENADO POR CADA DIEZ MINUTOS DE CONTACTO.	191
CUADRO 106. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL VOLUMEN Y TIEMPO DE LLENADO POR CADA DIEZ MINUTOS DE CONTACTO, CONTINUACIÓN.	192
CUADRO 107. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL VOLUMEN Y TIEMPO DE LLENADO POR CADA DIEZ MINUTOS DE CONTACTO, CONTINUACIÓN.	193
CUADRO 108. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL VOLUMEN Y TIEMPO DE LLENADO POR CADA DIEZ MINUTOS DE CONTACTO, CONTINUACIÓN.	194
CUADRO 109. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL VOLUMEN Y TIEMPO DE LLENADO POR CADA DIEZ MINUTOS DE CONTACTO, CONTINUACIÓN.	195
CUADRO 110. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL TIEMPO DE LLENADO POR CADA HORA DE CONTACTO.	196
CUADRO 111. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL TIEMPO DE LLENADO POR CADA HORA DE CONTACTO, CONTINUACIÓN.	197
CUADRO 112. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL TIEMPO DE LLENADO POR CADA HORA DE CONTACTO, CONTINUACIÓN.	198
CUADRO 113. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL TIEMPO DE LLENADO POR CADA ONCE HORAS DE CONTACTO.	198
CUADRO 114. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL TIEMPO DE LLENADO POR CADA ONCE HORAS DE CONTACTO, CONTINUACIÓN.	199
CUADRO 115. DETERMINACIÓN DE CAUDAL PARA LLENADO DE MUESTRAS DE LA COLUMNA DEL SISTEMA A ESCALA LABORATORIO.	200
CUADRO 116. DETERMINACIÓN DE CAUDAL PARA LLENADO DE MUESTRAS DE COLUMNA DEL SISTEMA A ESCALA LABORATORIO, CONTINUACIÓN.	201
CUADRO 117. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL TIEMPO QUE LE TOMA TANTO AL AGUA DESTILADA SIN CONTAMINAR COMO A LA CONTAMINADA DE PLOMO II, IR DE LA MARCA "D" A "E" DEL VISCOSÍMETRO.	202
CUADRO 118. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD TANTO PARA EL AGUA DESTILADA SIN CONTAMINAR COMO EL AGUA CONTAMINADA DE PLOMO II.	202
CUADRO 119. VOLÚMENES DE LOS COMPONENTES DE LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL TANTO A ESCALA LABORATORIO COMO SU ESCALAMIENTO CON SUS RESPECTIVAS PROPORCIONES.	202
CUADRO 120. DIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL TANTO A ESCALA LABORATORIO COMO SU ESCALAMIENTO.	203
CUADRO 121. DIMENSIONAMIENTO DE CABEZALES TORIÉSFERICOS DEL TIPO ASME FLANGED & DISHED.	203
CUADRO 122. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS ESTÁNDAR DE ACERO.	204
CUADRO 123. PÉRDIDA DE PRESIÓN EN ACCESORIO DE TUBERÍAS Y VÁLVULAS DE ENTRADA.	211
CUADRO 124. DETERMINACIÓN DE CABEZA DINÁMICA PARA DIMENSIONAMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGA DE ENTRADA.	211
CUADRO 125. DETERMINACIÓN DE CABEZA ESTÁTICA PARA DIMENSIONAMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGA DE ENTRADA.	211
CUADRO 126. DETERMINACIÓN DE CABEZA TOTAL PARA DIMENSIONAMIENTO DE BOMBA CENTRÍFUGA DE ENTRADA.	211

CUADRO 127. POTENCIA Y EFICIENCIA PARA LA BOMBA DE ENTRADA DEL ESCALAMIENTO DE LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL.	212
CUADRO 128. TASA INTERNA DE RETORNO Y VALOR ACTUAL NETO DE LA FABRICACIÓN DE LA BIORESINA.	212

LISTA DE DE FIGURAS

FIGURA 1. ISOTERMAS DE ADSORCIÓN.....	14
FIGURA 2. MÉTODOS DE LINEARIZACIÓN PARA ISOTERMAS DE LANGMUIR.	15
FIGURA 3. PERFILES DE CONCENTRACIÓN.	16
FIGURA 4. CURVA DE RUPTURA.....	17
FIGURA 5. CURVAS DE RUPTURA PARA A) UNA ESTRECHA Y B) UNA AMPLIA ZONA DE TRANSFERENCIA DE MASA.	17
FIGURA 6. RESINA DE INTERCAMBIO IÓNICO.....	22
FIGURA 7. DEPARTAMENTOS PRODUCTORES DE BANANO EN GUATEMALA.	25
FIGURA 8. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y EFECTOS MOLECULARES RESULTANTES.	28
FIGURA 9. ESPECTRO INFRARROJO DEL METANOL.	29
FIGURA 10. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN INTERFERÓMETRO EN UN ESPECTRO IR-TF.	30
FIGURA 11. TRAYECTORIAS ÓPTICAS EN UN ESPECTROFOTÓMETRO DE DOBLE HAZ DE ABSORCIÓN ATÓMICA.	31
FIGURA 12. CABEZAL TORIESFÉRICO DEL TIPO ASME FLANGED & DISHED.	35
FIGURA 13. VELOCIDAD DE FLUIDOS EN TUBERÍAS.	38
FIGURA 14. PÉRDIDA DE PRESIÓN EN ACCESORIOS DE TUBERÍAS Y VÁLVULAS.	40
FIGURA 15. BOMBAS CENTRÍFUGAS DE VOLUTA (A) SUCCIÓN SENCILLA. (B) SUCCIÓN DOBLE.	41
FIGURA 16. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA: (A) CARGA-CAPACIDAD; (B) POTENCIA; (C) RENDIMIENTO.	42
FIGURA 17. CURVAS CARACTERÍSTICAS PARA BOMBAS CENTRÍFUGAS.....	44
FIGURA 18. CUADRO DE DIÁLOGO PARA EL CÁLCULO DE LA TIR CON EXCEL.....	45
FIGURA 19. VISCOSÍMETRO MARCA CANNON-INSTRUMENT COMPANY-.	58
FIGURA 20. ESPECTROFOTOMETRÍA DE INFRARROJO DE LA CÁSCARA DE BANANO MADURO EMPLEADA PARA EL PROCESO DE ADSORCIÓN DE PLOMO II.	63
CUADRO 3. ENLACES PRESENTES EN LA FIGURA 20.	63
FIGURA 21. PROTOTIPOS DE SISTEMA NATURAL A ESCALA LABORATORIO PARA LLEVAR A CABO LAS PRUEBAS DE REMOCIÓN DE PLOMO II.....	64
FIGURA 22. PROPUESTA DE SISTEMA NATURAL.	67
FIGURA 23. PRONÓSTICO DE VELOCIDAD NOMINAL DEL FLUIDO DENTRO DE LA TUBERÍA DE ACERO ESTÁNDAR.....	136
FIGURA 24. CURVA EXPERIMENTAL DE LA PÉRDIDA DE PESO DE LA CÁSCARA DE BANANO.	147
FIGURA 25. CURVA DE CALIBRACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO (II) EN AGUA.	151
FIGURA 26. CURVA DE RUPTURA DEL AGUA CONTAMINADA CON 20PPM DE PLOMO II, LUEGO QUE ABANDONA EL LECHO, CONSIDERANDO TODOS LOS TIEMPOS DE CONTACTO.	185
FIGURA 27. CURVA DE RUPTURA DEL AGUA CONTAMINADA CON 20PPM DE PLOMO II, LUEGO QUE ABANDONA EL LECHO, CONSIDERANDO SOLO LOS TIEMPOS DE CONTACTO DE LAS PRIMERAS CUATRO HORAS.	186
FIGURA 28. CURVA DE RUPTURA DEL AGUA CONTAMINADA CON 20PPM DE PLOMO II, LUEGO QUE ABANDONA EL LECHO, CONSIDERANDO SOLO LOS TIEMPOS DE CONTACTO A PARTIR DE LAS CUATRO HORAS EN ADELANTE.	187
FIGURA 29. CURVA DE RUPTURA DEL AGUA CONTAMINADA CON 20PPM DE PLOMO II, LUEGO QUE ABANDONA EL LECHO, CONSIDERANDO SOLO LOS TIEMPOS DE CONTACTO DE LA PRIMERA HORA Y LOS DE CADA ONCE HORAS.	188
FIGURA 30. EFECTO DEL TIEMPO DE CONTACTO ENTRE UNA SOLUCIÓN CON 20PPM DE PLOMO (II) Y LA BIORESINA FABRICADA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE BANANO.	189
FIGURA 31. VARIACIÓN DE LA ADSORCIÓN CON EL TIEMPO DE UNA SOLUCIÓN CON 20PPM DE PLOMO II QUE ESTÁ EN CONTACTO CON LA BIORESINA FABRICADA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE BANANO.....	190
FIGURA 32. ÍNDICE: EQUIPOS Y ACCESORIOS.	205
FIGURA 33. ÍNDICE: CONTROL E INSTRUMENTACIÓN.	206

FIGURA 34. PROPUESTA DE SISTEMA NATURAL VISTA PLANTA.....	207
FIGURA 35. MEDIDAS DE LA PROPUESTA DE LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL.....	208
FIGURA 36. PROPUESTA DE LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL VISTA 3D.....	209
FIGURA 37. FICHA TÉCNICA DE LA PROPUESTA DEL LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL QUE UTILIZA LA CÁSCARA DE BANANO PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO II.....	210
FIGURA 38. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BIORESINA ÚTIL EN SACOS DE 25KG.....	212
FIGURA 39. INVERSIÓN EN MAQUINARIA REQUERIDA PARA LA FABRICACIÓN DE LA BIORESINA.....	213
.....	213
FIGURA 40. COSTO TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN, TERRENO Y PAREDES PARA LA FABRICACIÓN DE LA BIORESINA.	215
FIGURA 41. INVERSIÓN TOTAL PARA LA FABRICACIÓN DE LA BIORESINA.	216
FIGURA 42. HORARIOS Y SALARIOS DE PERSONAL RESPONSABLE DE LA FABRICACIÓN DE BIORESINA.	217
FIGURA 43. HORARIOS Y SALARIOS DE PERSONAL RESPONSABLE DE LA FABRICACIÓN DE BIORESINA.	218
FIGURA 44. SALARIOS TOTALES REQUERIDOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA BIORESINA.	219
FIGURA 45. COSTOS VARIABLES TOTALES.	220
FIGURA 46. COSTOS FIJOS TOTALES.	221
FIGURA 47. FLUJO DE CAJA PARA LA FABRICACIÓN DE LA BIORESINA.	222
FIGURA 48. TRATAMIENTO DE LAVADO, SECADO Y DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO A LA CÁSCARA DE BANANO PARA SU POSTERIOR USO COMO ADSORBENTE NATURAL.	223
FIGURA 49. TAMIZADOR TIPO SHAKER.....	224
FIGURA 50. BIORESINA FABRICADA SEPARADA POR TAMAÑO DE PARTÍCULA.....	224
FIGURA 51. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD Y PH EN AGUA DESTILADA.....	225
FIGURA 52. PRUEBA DE EXPANSIÓN DE LA BIORESINA FABRICADA.....	225
FIGURA 53. PROTOTIPOS DE COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL A ESCALA LABORATORIO PARA LLEVAR A CABO LAS PRUEBAS DE REMOCIÓN DE PLOMO II.....	226
FIGURA 54. MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD, A TEMPERATURA AMBIENTE, DEL FLUIDO QUE SALE DE LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL A ESCALA LABORATORIO, MEDIANTE UN VISCOSÍMETRO MARCA CANNON-INSTRUMENT-COMPANY.....	227
FIGURA 55. CURVA DE CALIBRACIÓN OBTENIDA DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA (LLAMA).....	228
FIGURA 56. PARÁMETROS PARA CURVA DE CALIBRACIÓN OBTENIDA DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA (LLAMA).....	229
FIGURA 57. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN ESTÁNDARES.....	230
FIGURA 58. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN ESTÁNDARES, CONTINUACIÓN.....	231
FIGURA 59. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN ESTÁNDARES, CONTINUACIÓN.....	232
FIGURA 60. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS.....	233
FIGURA 61. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	234
FIGURA 62. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	235
FIGURA 63. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	236
FIGURA 64. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	237
FIGURA 65. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	238
FIGURA 66. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	239
FIGURA 67. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	240
FIGURA 68. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	241
FIGURA 69. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	242
FIGURA 70. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	243
FIGURA 71. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	244
FIGURA 72. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	245
FIGURA 73. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	246
FIGURA 74. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.....	247

FIGURA 75. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	248
FIGURA 76. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	249
FIGURA 77. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	250
FIGURA 78. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	251
FIGURA 79. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	252
FIGURA 80. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	253
FIGURA 81. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	254
FIGURA 82. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	255
FIGURA 83. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	256
FIGURA 84. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	257
FIGURA 85. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	258
FIGURA 86. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	259
FIGURA 87. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	260
FIGURA 88. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	261
FIGURA 89. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	262
FIGURA 90. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	263
FIGURA 91. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	264
FIGURA 92. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	265
FIGURA 93. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	266
FIGURA 94. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	267
FIGURA 95. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	268
FIGURA 96. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	269
FIGURA 97. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	270
FIGURA 98. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	271
FIGURA 99. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	272
FIGURA 100. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	273
FIGURA 101. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	274
FIGURA 102. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	275
FIGURA 103. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	276
FIGURA 104. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	277
FIGURA 105. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	278
FIGURA 106. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	279
FIGURA 107. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	280
FIGURA 108. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS, CONTINUACIÓN.	281
FIGURA 109. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS.	282
FIGURA 111. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	284
FIGURA 112. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	285
FIGURA 113. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	286
FIGURA 115. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	288
FIGURA 116. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	289
FIGURA 117. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	290
FIGURA 118. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	291
FIGURA 119. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	292
FIGURA 120. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS CADA ONCE HORAS, CONTINUACIÓN.	293
FIGURA 121. RELACIÓN DE LAS SUSTANCIAS INORGÁNICAS CON SIGNIFICADO PARA LA SALUD, CON SUS RESPECTIVOS LÍMITES PERMISIBLES (LMP).	294
FIGURA 122. FRECUENCIA DE LOS ESTIRAMIENTOS DE LOS ENLACES.	294

FIGURA 123. IR: ABSORCIONES EN EL INFRARROJO CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS FUNCIONALES.	295
FIGURA 124. IR: FRECUENCIAS INFRARROJO CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS (S = FUERTE, M = MEDIO, W = DÉBIL).....	296
FIGURA 125. IR: FRECUENCIAS INFRARROJO CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS (S = FUERTE, M = MEDIO, W = DÉBIL); CONTINUACIÓN.	297
FIGURA 126. RELACIONES ENTRE EL TAMAÑO DE LA TUBERÍA, LA VELOCIDAD VOLUMÉTRICA DEL FLUJO Y LA VELOCIDAD DEL FLUIDO.	298
FIGURA 127. GRÁFICA DEL FACTOR DE FRICCIÓN PARA TUBERÍAS CIRCULARES.	299
FIGURA 128. LECTURA DE LA POTENCIA Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DE ENTRADA A LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL.	300
FIGURA 129. LECTURA DE LA POTENCIA Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DE ENTRADA A LA COLUMNA DEL SISTEMA NATURAL.	301
FIGURA 130. FICHA TÉCNICA DE LAVADORA CON SALIDA POR BANDA TRANSPORTADORA GEWA XL.	302
FIGURA 131. FICHA TÉCNICA DE LAVADORA CON SALIDA POR BANDA TRANSPORTADORA, CONTINUACIÓN.	303
FIGURA 132. FICHA TÉCNICA DE HORNO DESHIDRATADOR AINGETHERM, MODELO HD 120-1000 AG P.	304
FIGURA 133. FICHA TÉCNICA DE MOLINO DE MARTILLOS 650.	305
FIGURA 134. FICHA TÉCNICA DE ENSACADORA AUTOMÁTICA PARA SACOS ILERSAC.	306
FIGURA 135. FICHA TÉCNICA DE ENSACADORA AUTOMÁTICA PARA SACOS ILERSAC, CONTINUACIÓN.	307
FIGURA 136. EXPONENTES TÍPICOS DEL COSTO DEL EQUIPO FRENTE A LA CAPACIDAD.	308
FIGURA 137. ESTIMACIÓN USANDO FACTORES DE LA FIGURA 134.	309
FIGURA 138. FACTORES TÍPICOS PARA CONVERTIR EL COSTO DEL ACERO AL CARBONO EN COSTOS DE ALEACIÓN EQUIVALENTES.	309
FIGURA 139. RANGOS TÍPICOS DE INSTALACIONES AUXILIARES COMO PORCENTAJE DEL COSTO TOTAL DE LA PLANTA INSTALADA.	310
FIGURA 140. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE VISCOSÍMETRO CANNON- INSTRUMENT COMPANY-.....	311
FIGURA 141. SEGUIMIENTO DEL ÍNDICE DE COSTOS DE EQUIPOS DE MARSHALL & SWIFT.....	312
FIGURA 142. MOBICON 2000 CUBE.	313

RESUMEN

En este trabajo se realizó la propuesta de un sistema natural que utiliza la cáscara de banano para la remoción de Plomo II. Para ello, primero fue necesario identificar los grupos funcionales presentes en la cáscara de banano, utilizando la espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). Luego, se llevó a cabo un tratamiento de lavado, secado y de reducción de tamaño a la cáscara de banano para su posterior uso como adsorbente para la remoción de plomo II.

Al realizar el sistema natural a escala laboratorio para llevar a cabo las pruebas de remoción de plomo II, utilizando la bioresina fabricada, se dio lugar al escalamiento del sistema por similitud geométrica, térmica y cinemática. Además, con las pruebas de remoción de plomo II en agua contaminada, empleando cáscara de banano en polvo, se calculó el porcentaje de reducción de este metal en cada muestra. Con estos datos experimentales se pudo obtener la curva de ruptura del agua contaminada con 20ppm de Plomo II, luego que abandonara el lecho compuesto por bioresina y piedra pómez; fue a partir de ella que se estableció la concentración y el tiempo de ruptura. Estos datos son importantes para determinar el momento en el que la bioresina ya no puede seguir reduciendo la concentración de Plomo II.

ABSTRACT

In this work, the proposal of a natural system that uses the banana peel for the removal of Lead II was carried out. For this, it was first necessary to identify the functional groups present in the banana peel, using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). Then, a washing, drying and size reduction treatment was carried out on the banana peel for its later use as an adsorbent for the removal of lead II.

By performing the natural system on a laboratory scale to carry out the lead II removal tests, using the manufactured bioresin, the scaling of the system by geometric, thermal and kinematic similarity resulted. In addition, with the lead II removal tests in contaminated water, using powdered banana peel, the percentage reduction of this metal in each sample was calculated. With these experimental data it was possible to obtain the rupture curve of the water contaminated with 20ppm of Lead II, after leaving the bed composed of bioresin and pumice stone; it was from her that the concentration and the break time were established. These data are important to determine when the bioresin can no longer further reduce the concentration of Lead II.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la población humana a lo largo de las últimas décadas ha llevado a una mejora de la actividad industrial y con ello a un aumento de problemas ambientales. Como resultado de esta situación, la contaminación del suelo, aire y los cuerpos de agua ya forman parte de la vida cotidiana. Siendo ésta última, una de las principales preocupaciones. Este problema ambiental está estrechamente relacionado con la industria alimentaria, las actividades mineras y agrícolas que producen una cantidad considerable de desechos tóxicos (Silva, Gomes, Andrade, Monteiro, Dias, Zagatto y Tornisielo, 2013). Asimismo, puede ser causado de manera natural como producto de lixiviación de suelos, rocas y erupciones volcánicas.

Para eliminar estos contaminantes, se han aplicado varias estrategias que incluyen adsorción, fotocátalisis y/o procesos de oxidación avanzados. Con respecto a la adsorción, los adsorbentes de origen natural se han vuelto atractivos a la vista debido a la abundante disponibilidad de suministros, la alta capacidad de adsorción y bajo costo. Lo anterior es un aspecto importante, especialmente si se utiliza biomasa regional (Ahmad y Danish, 2017).

La cáscara de banano presenta una alta capacidad de adsorción para metales y compuestos orgánicos, aspecto que se debe principalmente a la presencia de los grupos hidroxilo y carboxilo de la pectina. El proceso de bioadsorción es un proceso que permite la captación activa o pasiva de iones metálicos, debido a la propiedad que distintas biomasas vivas o muertas poseen para enlazar y acumular este tipo de contaminantes con diferentes mecanismos. Esta es una tecnología que no solo permite remover los metales pesados, sino también da lugar al tratamiento de los desechos agrícolas que antes no tenían ninguna utilidad (Silva, Gomes, Andrade, Monteiro, Dias, Zagatto y Tornisielo, 2013).

En el presente trabajo, se utiliza la cáscara de banano para realizar una bioresina que sirve como adsorbente de metales pesados presentes en aguas contaminadas con plomo II. Asimismo, se evalúa la eficiencia de remoción de metales pesados por el medio adsorbente y se determina la capacidad de vida útil de este último.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala, cerca de la mitad de la población no cuenta con servicio de agua en su vivienda. De la otra mitad, más del 60% no aplica ningún tratamiento al agua para beber. Otro dato relevante es que más de 200,000 personas murieron entre los años 2000 y 2007 por problemas digestivos relacionados con la contaminación del agua (MARN, 2013).

La contaminación ambiental es uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI. La tasa de contaminación del agua puede ser estimada en 2000 millones de metros cúbicos diarios; problema que está relacionado principalmente con la industria alimentaria y las actividades mineras y agrícolas que producen una notable cantidad de desechos tóxicos. Por ello es evidente la crisis de este recurso para los próximos años, lo que podría comprometer el cumplimiento de uno de los objetivos de Desarrollo del Milenio de la Organización de Naciones Unidas.

Específicamente, la contaminación del agua por metales pesados provocada por vía antrópica y natural, está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública. Estudios recientes revelan la presencia de metales pesados tales como: el plomo, cadmio, arsénico y mercurio en hortalizas de lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa. Dicha contaminación, proviene del uso para riego de aguas afectadas. De igual modo, es importante destacar que se han encontrado metales en diferentes concentraciones en peces, carnes y leche, resultado de la bio-acumulación y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas.

Debido a su alto nivel de toxicidad, el impacto ocasionado en salud por su exposición prolongada o por bio-acumulación de metales pesados es preocupante. De acuerdo al tipo de metal o metaloide, es como se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos.

III. OBJETIVOS

A. General

- Proponer un sistema natural utilizando la cáscara de banano como medio adsorbente para la remoción de plomo II que se encuentra en aguas contaminadas.

B. Específicos

- Identificar los grupos funcionales presentes en la cáscara de banano, utilizando la espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR).
- Proponer un sistema natural a escala laboratorio y su escalamiento, para llevar a cabo las pruebas de remoción de plomo II utilizando la bioresina fabricada.
- Realizar pruebas de remoción de plomo II en agua contaminada, empleando cáscara de banano en polvo y determinar el porcentaje de reducción de este metal en la muestra.

IV. JUSTIFICACIÓN

El agua dulce es un requisito básico para los humanos y la vida silvestre. La disponibilidad de agua potable es fundamental para mantener una vida sana. Sin embargo, aunque la demanda mundial de agua aumenta anualmente, varias formas de contaminación han comprometido las posibles fuentes de agua (Joseph, L., Jun, B., Flora, J., Park, C., y Yoon, Y., 2019). En los últimos años, las actividades industriales y urbanas han aumentado en todo el mundo, lo que consecuentemente ha contribuido a aumentar la contaminación por metales pesados. Según las Naciones Unidas, se estima que el 80% de todas las aguas residuales industriales y municipales en los países en vías de desarrollo se libera al medio ambiente sin ningún tratamiento previo (UN-Water, 2018). Lo anterior se fundamenta con el hecho de que en el Río Villalobos y el Río Las Vacas, los cuales drenan la ciudad de Guatemala, se encuentran materiales peligrosos provenientes de desperdicios industriales de la ciudad tales como: Cromo VI, arsénico, plomo y otros (Spillman; Buckalew, 2000). Los metales pesados son especialmente preocupantes debido a su naturaleza tóxica y cancerígena, junto con sus efectos nocivos documentados para la salud humana. Estos son los contaminantes más peligrosos puesto que no son biodegradables y poseen un gran potencial de bioacumulación en los organismos vivos (Morales, 2018).

Por otro lado, los desechos de banano también pueden causar una seria amenaza ambiental si estos no se manejan adecuadamente, pueden producir gases de efecto invernadero si se vierten en condiciones húmedas. A parte de los desechos producidos por el árbol de banano y la fruta, la cáscara de banano es uno de los desechos importantes generados en grandes cantidades debido al consumo de fruta de banano (Ahmad y Danish, 2017).

El uso de residuos agrícolas cumple bien con las estrategias de tratamiento de efluentes con alta eficiencia y viabilidad económica. Un ejemplo es la cáscara de banano, misma que se ha utilizado como adsorbente para metales pesados y compuestos fenólicos. Debido a lo anterior, en el presente trabajo, se propone una nueva estrategia que explota la adsorción en la cáscara de banano para la remoción eficiente de metales pesados en aguas contaminadas con plomo II (Ahmad y Danish, 2017).

V. MARCO TEÓRICO

A. El agua

El agua es uno de los recursos vitales para cualquier forma de vida en nuestro planeta. Estudios han revelado que el 97.5% del agua total pertenece al mar y es salada; mientras que el porcentaje restante es agua dulce. De este 2.5%, el 60% está contenida en los glaciares, el 30% se encuentra en aguas subterráneas y el 10% son fuentes superficiales (ríos y lagos). Del agua que no está congelada, el 70% se utiliza para la agricultura, el 22% para procesos industriales y el 8% para uso domiciliario.

El agua puede ser considerada como un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso. De no ser así, puede considerarse como un recurso no renovable, limitado por las cantidades que se mueven del sistema natural. El agua es un recurso finito y no siempre se podrá disponer de la misma. Su captación depende del régimen de lluvias de la región y del grado de desarrollo que permita métodos distintos de recolección, tratamiento y distribución para hacerla apta para el consumo humano (SEGEPLAN, 2011).

Aunque el agua está en movimiento constante, se acumula temporalmente en los océanos, lagos, ríos y arroyos (fuentes superficiales) y en el subsuelo, como fuentes subterráneas.

1. Recursos de agua subterránea

El agua dulce que proviene de pozos y fuentes son un recurso esencial y a la vez grande de suministro de agua para el consumo. El agua de estos pozos y vertientes se utiliza para propósitos agrícolas, industriales, públicos y privados. No obstante, la disponibilidad de agua subterránea es muy variable.

El agua subterránea es abundante en acuíferos sedimentarios a través de las planicies, valles y tierras bajas del país. Sin embargo, en las áreas montañosas la disponibilidad de agua dulce varía considerablemente de localmente abundante a inadecuada para su uso.

Es importante destacar que la deforestación tiene un impacto negativo en los recursos de agua subterráneos del país, de manera que reduce la cantidad de agua que recarga los acuíferos, dando como resultado niveles más bajos de agua.

A pesar de que el agua subterránea es más segura que los suministros de agua superficial que no han sido tratados, muchos acuíferos poco profundos en las cercanías de áreas populosas están biológicamente contaminados, principalmente debido a la disposición inadecuada de los desechos (Spillman; Buckalew, 2000).

2. Recursos de agua superficial

El agua superficial cubre aproximadamente 1,000 km² de los 108,900 km² de tierra del país. Los recursos de agua superficial proveen el 70% del suministro público de agua en las áreas urbanas y el 90% del suministro de agua en las áreas rurales del país.

Pese a que los recursos de agua superficial son abundantes, están distribuidos en forma variable, son altamente estacionales y generalmente están contaminados. Mientras dura la estación seca, muchos arroyos dejan de fluir. En las épocas de los cambios de estación, los recursos de agua superficial se encuentran en su punto inicial y flujo mínimo (Spillman; Buckalew, 2000).

3. Calidad del agua

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) a través del Departamento de Servicios Hídricos, ejecuta mediciones mensuales en los principales ríos del país sobre las principales características físicas y químicas de aspecto, potencial de hidrógeno, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, salinidad, porcentaje de saturación de oxígeno, tensoactivos, calcio, cloruros, cobre, dureza total, fluoruros, hierro, magnesio, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, alcalinidad, silicatos, amonio, fosfatos, fósforo, fósforo de fosfatos, sodio, potasio, litio, magnesio, demanda química de oxígeno, nitritos, cianuro liberado, cromo y cadmio.

Para la selección de los lugares de toma de muestra se toma en consideración que exista estación hidrométrica, accesibilidad y criterios de consideración sobre los diferentes usos que se le da en el área al agua subterránea y superficial, como son riego, consumo humano, descargas de aguas servidas, uso industrial en general y otros usos.

Los análisis de las aguas superficiales se realizan con la finalidad de determinar el grado de contaminación existente en el agua y su capacidad para que después de recibir un tratamiento, pueda ser empleada para consumo humano y otros usos. El INSIVUMEH se basa en la Norma Panamericana de la Salud establecida en el año 1965, la cual toma en consideración la calidad física y química del agua, como una guía de referencia para establecer si es o no apta para el consumo humano. Asimismo, el INSIVUMEH utiliza como referente la Norma Coguanor NGO 29001 para agua potable. Esta última norma, define el agua potable como “aquella que por sus características de calidad especificadas es adecuada para el consumo humano” (IARNA, 2011).

a. Aguas subterráneas

La contaminación biológica ocasionada por patógenos en los acuíferos poco profundos es por la inapropiada disposición de desperdicios humanos y animales, esto representa un problema en muchas áreas

populosas y agrícolas del país. La contaminación química se relaciona principalmente al uso de fertilizantes y pesticidas en las plantaciones de caña de azúcar y bananos en las planicies del Pacífico y el Caribe.

El agua dulce subterránea está generalmente disponible en muy pequeñas a muy grandes cantidades, pero las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo, impiden el acceso. Dichos acuíferos son empleados para el suministro doméstico y la irrigación, y son apropiados para pozos de bombas de mano y tácticos. La mayor parte del suministro de agua (60% aprox.) para la ciudad de Guatemala proviene de recursos de agua subterránea (Spillman; Buckalew, 2000).

b. Aguas superficiales

La calidad del agua superficial es dulce con excepción de las áreas a lo largo de la costa del país. No obstante, en base a las normas biológicas y químicas establecidas, todos los cuerpos de agua del país deberán considerarse contaminados. En áreas agrícolas, los pesticidas representan la primera fuente de contaminación.

Esta agua proviene del Lago de Amatitlán; no obstante, este lago está exageradamente contaminado con desechos industriales y biológicos de la ciudad de Guatemala. Los ríos que drenan la ciudad se consideran contaminados debido a la inadecuada disposición de las aguas negras y los desechos industriales. Entre estos ríos están el Río Las Vacas y el Río Villalobos. El Río Villalobos fluye al sur de la ciudad descargándose en el Lago de Amatitlán y provocando contaminación extrema en el lago. El Río Michatoya, el cual fluye al sur del Lago de Amatitlán hacia el Departamento de Escuintla, está también extremadamente contaminado (Spillman; Buckalew, 2000).

4. Agua potable y saneamiento

En Guatemala, cerca de la mitad de la población no tiene servicio de agua en su vivienda. De la otra mitad, más del 60% no aplica ningún tratamiento al agua para beber. Otro dato sobresaliente es que más de 200,000 personas murieron entre los años 2000 a 2007 por problemas digestivos relacionados con la contaminación del agua.

En nuestro país no siempre el agua entubada significa que sea potable. De los 18,800 sistemas de suministro de agua muestreados por el Programa de Vigilancia del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en 2008, más del 50% no contenía niveles adecuados de cloro, y más de una cuarta parte presentó contaminación bacteriológica.

Por otro lado, es importante mencionar que el suministro de agua potable de las 331 municipalidades proviene en un 70% de aguas superficiales y 30% de aguas subterráneas, un 66% usa sistemas de gravedad,

18.5% utilizan bombeo y 15.2% son sistemas mixtos. La Empresa Municipal de Aguas de la Ciudad de Guatemala en 1999 obtenía el 55% del agua de fuentes superficiales y el 45% restante de pozos (IARNA, 2004).

5. Aguas residuales

Las aguas residuales son el cuerpo líquido de composición variada proveniente del uso municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original (Ramos; Sepúlveda; Villalobos, 2003). Es importante destacar que todas las aguas residuales han sido manipuladas por el ser humano, quien es el único responsable de la contaminación de ríos, mares y lagos.

El contenido y características de las aguas residuales dependen del uso que se le haya dado al agua; por tanto, esto es lo que se toma en consideración para realizar una planeación y saber cuál es el proceso que se le debe dar.

Dependiendo del lugar de procedencia, las aguas residuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

a. Agua residual doméstica

El uso del agua en los hogares genera agua residual, conocida como ordinaria o doméstica, que contiene los residuos propios de la actividad humana.

Poseen concentraciones de materia orgánica, tanto en suspensión como en disolución, normalmente biodegradable, y con cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y sales minerales. Debido a que en su contenido no tienen químicos importantes que se emplean en las industrias, pueden ser catalogadas como las aguas menos contaminadas (MARN, 2013).

b. Agua residual industrial

Las aguas residuales varían dependiendo su caudal y composición. Además, las características de las descargas se diferencian no solo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

Por lo general, las industrias no generan descargas de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año. Lo anterior depende del tipo de producción y del proceso industrial; es por ello que existen variaciones de caudal y carga a lo largo del día (Espigares García y Pérez López, 1985).

Las aguas residuales industriales poseen más contaminantes que las aguas de tipo doméstico. Su elevada carga aunada a la enorme variabilidad de contaminantes que presentan hace que su tratamiento sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso. Esto debido a que no es lo mismo la contaminación que ocasiona una industria de alimentos que la contaminación que genera una industria de textiles. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado en aguas residuales industriales son objeto de regulación especial a causa de su toxicidad o a sus efectos biológicos a largo plazo (MARN, 2013).

6. Contaminación del agua

Se estima que el origen de la contaminación hídrica en Guatemala es el siguiente: Por contaminación orgánica, aguas residuales domésticas, un 40%; efluentes industriales (tóxicos, metales, colorantes, orgánico) un 13%; agroindustria (agroquímicos) un 7%; y agropecuaria (agroquímicos) un 40%.

El Río Villalobos y el Río Las Vacas poseen concentraciones de fósforo, nitrato, potasio y sodio que superan los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Estos ríos también acarrean una alta cantidad de coliformes, lo cual indica una contaminación de materiales fecales provenientes de aguas negras no tratadas. Asimismo, se encuentran materiales peligrosos provenientes de desperdicios industriales de la ciudad de Guatemala tales como: Cromo VI, arsénico, plomo, cianuro, aluminio y otros (Spillman; Buckalew, 2000).

La OPS establece que la contaminación del agua en Guatemala es la mayor amenaza a la salud de las personas, compromete fondos públicos en acciones sanitarias de curación y no de prevención, inhibe o limita actividades agrícolas productivas y amenaza el turismo asociado con cuerpos de agua (SEGEPLAN, 2011).

a. Contaminación por metales pesados

La presencia de metales pesados en el agua, a parte de las causas naturales, es ocasionada en gran medida por los residuos de las actividades humanas. De forma natural, los metales pesados son introducidos a los sistemas acuáticos como producto de la lixiviación de suelos, rocas y erupciones volcánicas. Por otro lado, estos elementos tóxicos también son introducidos por las actividades antropogénicas como lo son la agricultura, actividades domésticas, industriales y minería.

Las elevadas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales relacionados a sulfuros, tales como: Arsénico (As), Cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y Zinc (Zn) pueden atribuirse a la minería. Mientras que los metales no sulfurosos así como el Cromo (Cr), Níquel (Ni) y Mercurio (Hg) son muestra de una contaminación antropogénica de metales pesados que están estrechamente asociados con las descargas industriales (Cerón, 2016).

Los metales pesados son los contaminantes más peligrosos puesto que no son biodegradables y poseen un gran potencial de bioacumulación en los organismos vivos. La toxicidad de los metales depende del grado y la forma de oxidación de un ion metálico y que, en concentraciones que superan los límites establecidos, causan efectos negativos en la salud de los seres humanos, flora y/o fauna (Morales, 2018).

B. Metales pesados

El término “metales pesados” no tiene un significado único que permita enumerarlos y clasificarlos. Sin embargo, algunos criterios usados para definirlos han sido:

- La densidad relativa del metal, mayor de cuatro o de cinco.
- La localización dentro de la tabla periódica de los elementos.
- La respuesta específica zoológica o botánica.
- La toxicidad del elemento.

Entre los elementos que suelen considerarse como metales pesados están: plomo, cromo, arsénico, níquel, cadmio, mercurio y cobre.

Puesto que los metales pesados tienen un carácter acumulativo y de permanencia, éstos se pueden encontrar no sólo en los distintos compartimientos ambientales como aire, agua, suelo, flora y fauna; sino que también se hallan en el organismo humano. Una de las vías más importantes de exposición suele ser el consumo de los distintos grupos de alimentos que los contienen, ya sea de forma natural o como contaminantes (Ferré-Huguet, Schuhmacher, Llobet, y Domingo, 2007).

Los metales no pueden ser degradados o destruidos y pueden incorporarse al cuerpo humano a través del agua, ya sea por ingestión o por absorción dérmica durante la ducha o baño. De igual forma, también pueden ser ingeridos, inhalados o absorbidos dérmicamente a partir de las partículas de polvo resuspendidas que provienen de los suelos (Ferré-Huguet, Schuhmacher, Llobet, y Domingo, 2007).

De acuerdo a la lista de contaminantes de mayor importancia de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), los metales tóxicos son: arsénico, cromo, plomo, níquel, cobalto, cobre, zinc, cadmio, mercurio, titanio y selenio. Asimismo, es importante destacar que la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) considera entre sus sustancias más peligrosas al arsénico, plomo, mercurio y cadmio.

Por otro lado, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) organiza las sustancias dependiendo su condición carcinogénica. En el grupo 1 (Carcinógeno Humano) están el cromo

(VI), arsénico orgánico e inorgánico, cadmio y níquel. Mientras que en el grupo 2A (Probable Carcinógeno Humano) están el plomo inorgánico y sus compuestos (IARC, 2012).

1. Plomo

El plomo es no biodegradable y puede acumularse en los tejidos vivos, con lo que se concentra en toda la cadena alimentaria y puede ser fácilmente absorbido por el cuerpo humano. La presencia de plomo en el agua potable incluso a bajas concentraciones puede causar daños fisiológicos o neurológicos graves; y enfermedades tales como anemia, hepatitis y síndrome nefrótico. Es en general, un veneno metabólico y un inhibidor de enzimas que también causa retardo mental y daño cerebral semipermanente en niños pequeños (Valencia, J. y Castellar, G., 2013).

A parte de que el plomo se puede encontrar de manera natural en distintas concentraciones en rocas y suelos, las industrias que participan en el procesamiento de baterías ácidas de plomo, pulpa de papel, petroquímicas, refinerías, impresión, pigmentos, material fotográfico, elaboración de explosivos, cerámica, vidrio, pintura, la galvanoplastia, el recubrimiento de metales y la manufactura de tetraetilo de plomo, son la mayor fuente de contaminación de plomo (Valencia, J. y Castellar, G., 2013).

a. Propiedades físicas y químicas

- Fórmula química: Pb.
- Número atómico: 82
- Masa molar: 207.98g/mol .
- Punto de fusión: 326.9°C
- Punto de ebullición: $1,740^{\circ}\text{C}$
- Densidad: 11.85g/cm^3
- Usos recomendados: En baterías, pigmentos, aleaciones, cerámica, plásticos, municiones, soldaduras, cubiertas de cables, plomadas y armamento.

2. Técnicas de tratamiento para la remoción de metales pesados

El impacto ambiental provocado por estas sustancias tóxicas ha llevado a los científicos a desarrollar distintos métodos para el tratamiento de los efluentes industriales contaminados con estas sustancias, entre las cuales están:

Técnicas convencionales

A. Filtración por membrana

a. Electrodiálisis

- b. Ósmosis Inversa
- c. Nanofiltración
- d. Ultrafiltración
- B. Adsorción
 - a. Intercambio iónico
 - b. Carbón activado
 - c. Nanotubos de carbono
 - C. Precipitación química
 - D. Electrocoagulación
 - E. Coagulación-Floculación
 - F. Electrofloculación
 - G. Flotación
 - H. Fotocatálisis en la degradación de metales pesados

Las técnicas mencionadas anteriormente son demasiado costosas e ineficientes especialmente cuando la concentración de los metales es muy baja y no son respetuosas con el medio ambiente, en comparación con la adsorción. Es por ello que es importante buscar subproductos agrícolas y transformar dichos materiales en adsorbentes. Hoy en día, los materiales agrícolas reciben cada vez más atención como adsorbentes para la eliminación de metales pesados del agua. Los adsorbentes de origen agrícola tienen grupos poliméricos como celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina y proteínas como centros activos para la captación de metales (Anwar, Shafique, Zaman, Salman, Dar y Anwa, 2009).

C. Adsorción

El proceso de adsorción es un fenómeno superficial en el cual las sustancias solubles en la fase líquida se transfieren a la superficie o al grueso del adsorbente sólido. La adsorción se utiliza ampliamente para la remoción de contaminantes de soluciones acuosas. Estudiar el equilibrio de adsorción es importante para el buen diseño de sistemas de adsorción (Xuan, G. y Jianlong, W., 2019).

La adsorción es gobernada por una atracción electro-química y no por un proceso mecánico. Las fuerzas moleculares en la superficie del adsorbente están en un estado de insaturación. Según la naturaleza del enlace de adsorción, ésta puede ser física o química (Treybal, 2005).

- 1. Tipos de adsorción
 - a. Adsorción física

También es llamada “adsorción de Van der Waals”. Es un fenómeno fácilmente reversible, es el resultado de las fuerzas intermoleculares de atracción entre las moléculas del sólido y la sustancia adsorbida. Esta se

caracteriza por ser siempre reversible y sus fuerzas moleculares son las mismas que en el caso de la condensación de un gas a líquido (Fraga, 1991).

b. Quemisorción

También llamada “adsorción activada”. Ésta es el resultado de la interacción química entre el sólido y la sustancia adsorbida. La fuerza de unión química puede variar considerablemente y puede que no se formen compuestos químicos; sin embargo, la fuerza de adhesión es generalmente mucho mayor que la observada en la adsorción física (Treybal, 2005).

2. Isotermas de adsorción

Una isoterma de adsorción es la relación de equilibrio entre la concentración de la fase fluida y la concentración de las partículas de adsorbente a una temperatura determinada. Para líquidos, la concentración se expresa por lo general en unidades de masa, tales como mg/L (ppm). La concentración de adsorbato sobre el sólido está dada como masa adsorbida por unidad de masa de adsorbente original (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

a. Tipos de isotermas

En la Figura 1 se muestran algunas formas típicas de isotermas como gráficas aritméticas. La isoterma lineal pasa por el origen de coordenadas y la cantidad adsorbida es proporcional a la concentración en el fluido. Las isotermas que son convexas hacia arriba se les denomina favorables, debido a que puede obtenerse una carga relativamente elevada del sólido para una baja concentración en el fluido. La isoterma de Langmuir está dada por la ecuación:

$$q_e = \frac{q_m K_a C_e}{1 + K_a C_e} \quad (ec. 1)$$

Donde

q_e = Cantidad de concentración de adsorbato en la fase sólida en equilibrio (mg/g).

q_m = Es la máxima capacidad de adsorción (mg/g).

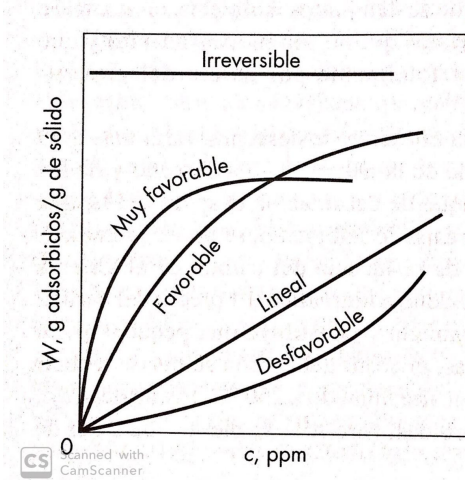
K_a = Constante de afinidad (L/mg).

C_e = Concentración de adsorbato en la fase líquida en equilibrio (mg/L).

La isoterma es del tipo favorable. Cuando K_a es mayor y $K_a C_e \gg 1$, la isoterma es altamente favorable; y cuando $K_a C_e < 1$, la isoterma es prácticamente lineal (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Una isoterma que es cóncava hacia arriba recibe el nombre de desfavorable debido a que se obtienen cargas de sólido relativamente bajas y a que conducen a largas zonas de transferencia de materia en el lecho. Este tipo de isothermas es raro; sin embargo, resultan interesantes para ayudar a comprender el proceso de regeneración. Si la isoterma de adsorción es favorable, la transferencia de masa desde el sólido hacia la fase fluida tiene características similares a las de la adsorción con una isoterma no favorable (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Figura 1. Isothermas de adsorción.



(McCabe, Smith y Harriot, 2007).

La isoterma de Langmuir es la más utilizada; esta isoterma simula la adsorción en monocapa del adsorbato sobre una superficie adsorbente homogénea. Las constantes de la isoterma de Langmuir tienen significados físicos específicos que pueden describir las capacidades máximas y las propiedades de superficie del adsorbente. La isoterma de Langmuir es una ecuación de forma no lineal. Es por ello que, para estimar los parámetros, la isoterma no lineal de Langmuir a menudo se transforma en sus formas lineales. Este proceso permite calcular los parámetros de Langmuir mediante el método de regresión lineal, que es más sencillo, conveniente y fácil de realizar con el software Microsoft Excel (Xuan, G. y Jianlong, W., 2019).

Los isothermas de Langmuir se pueden linealizar en al menos cuatro tipos diferentes, como se muestra en la Figura 2. Sin embargo, los métodos de linealización de la isoterma de Langmuir en la literatura de los últimos años establecen que el método Langmuir-1 es el método aplicado con más frecuencia para estimar los parámetros de la isoterma de Langmuir. La mayoría de la literatura ha sugerido que la isoterma de Langmuir-1 puede representar adecuadamente sus datos de adsorción experimental basados en el valor del coeficiente de correlación R^2 (Xuan, G. y Jianlong, W., 2019).

Figura 2. Métodos de linearización para isothermas de Langmuir.

Isotherms	Linear forms	Plot
Langmiur-1	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{k_a q_m}$	$\frac{C_e}{q_e}$ vs. C_e
Langmiur-2	$\frac{1}{q_e} = \left(\frac{1}{k_a q_m} \right) \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_m}$	$\frac{1}{q_e}$ vs. $\frac{1}{C_e}$
Langmiur-3	$q_e = q_m - \left(\frac{1}{k_a} \right) \frac{q_e}{C_e}$	q_e vs. $\frac{q_e}{C_e}$
Langmiur-4	$\frac{q_e}{C_e} = k_a q_m - k_a q_e$	$\frac{q_e}{C_e}$ vs. q_e

(McCabe, Smith y Harriot, 2007).

La capacidad de adsorción se puede determinar con la ecuación de transferencia de masa:

$$q_t = \frac{V}{m} (C_o - C_t) \quad (ec. 2)$$

Donde

q_t = Cantidad de concentración de adsorbato en la fase sólida en un tiempo determinado (mg/g).

V = Volumen de la solución (L).

m = Masa del adsorbente (g).

C_o = Concentración inicial de adsorbato de equilibrio en la fase líquida (mg/L).

C_t = Concentración de adsorbato en la fase líquida en un tiempo determinado (mg/L).

El porcentaje de eliminación se puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de remoción} = \frac{C_o - C_t}{C_o} * 100 \quad (ec. 3)$$

Donde

C_o = Concentración inicial de adsorbato de equilibrio en la fase líquida (mg/L).

C_t = Concentración de adsorbato en la fase líquida en un tiempo determinado (mg/L).

3. Fundamentos de la adsorción

a. Modelos de concentración en lechos fijos

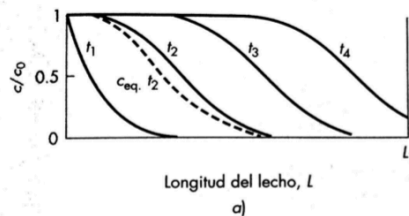
En la adsorción en lecho fijo las concentraciones en la fase líquida y en la fase sólida varían con el tiempo y la posición en el lecho. En un principio, la mayor parte de transferencia de masa se da cerca de la entrada

del lecho, donde el fluido se pone en contacto con el adsorbente. Si al inicio el sólido no contiene adsorbato, la concentración en el fluido disminuye en forma exponencial con la distancia hasta casi cero antes de alcanzar el extremo final del lecho. Dicho perfil de concentración se representa en la curva t_1 de la Figura 3, donde c/c_0 es la relación de concentraciones correspondiente al fluido y a la alimentación. Luego de unos minutos, el sólido que está cerca de la entrada está prácticamente saturado, y la mayor parte de la transferencia de materia tiene lugar lejos de la entrada. El gradiente de concentración adquiere la forma de S, tal como se muestra en la curva t_2 (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Conforme pasa el tiempo, la zona de transferencia de masa se mueve hacia la parte inferior del lecho, tal como muestran los perfiles t_3 y t_4 . Perfiles similares podrían trazarse para la concentración media de adsorbato sobre el sólido, encontrándose sólido casi saturado a la entrada, a una gran variación en la región de transferencia de materia, y concentración cero al final del lecho. En lugar de representar gráficamente la concentración real sobre el sólido, la línea de trazo discontinuo para el tiempo t_2 representa la concentración en la fase fluida en equilibrio con el sólido. Esta concentración debe ser siempre menor que la concentración real en el fluido, y a diferencia de concentraciones o fuerza impulsora, es considerable cuando el perfil de concentración es brusco y la transferencia de materia es rápida (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Los perfiles de concentración para t_2, t_3 y t_4 tienen la misma forma, la cual es característica de sistemas con isotermas favorables. Estos perfiles son de autoagudización y se diferencian de aquellos con isotermas lineales, que se vuelven más ensanchados con la distancia, debido a la dispersión axial (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Figura 3. Perfiles de concentración.



(McCabe, Smith y Harriot, 2007).

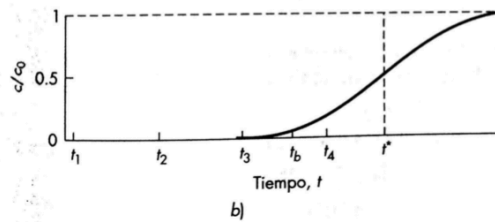
b. Curva de ruptura

Los perfiles de la Figura 3. se pueden predecir y utilizar para calcular la curva de concentración frente al tiempo para el fluido que sale del lecho. La curva que se muestra en la Figura 4 recibe el nombre de curva de ruptura. Para los tiempos t_1 y t_2 la concentración a la salida es prácticamente cero, tal y como se presenta en la Figura 3. Luego de un tiempo, cuando la concentración alcanza el valor límite permisible, en t_b , se dice que el sistema ha llegado al punto de ruptura. Comúnmente, el punto de ruptura se toma como una

concentración relativa de 0.05 o 0.10 y, puesto que solo la última porción de fluido tratado tiene la concentración más elevada, la fracción media de soluto separado desde el comienzo hasta el punto de ruptura es con frecuencia 0.99 o superior (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Si la adsorción continuara más allá del punto de ruptura, la concentración aumentaría muy rápido hasta aproximadamente 0.5 y después se acercaría más lento hasta 1.0, tal como se muestra en la Figura 4. Esta curva en forma de S es similar a la de los perfiles de concentración interna y es con frecuencia casi simétrica.

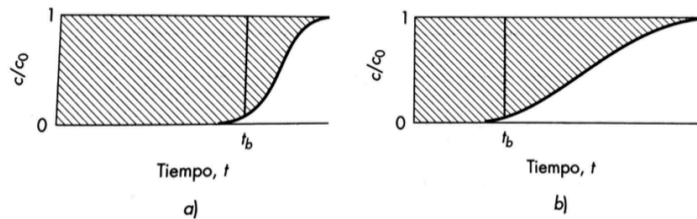
Figura 4. Curva de ruptura.



(McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Si la zona de transferencia de masa es estrecha a la longitud del lecho, la curva de ruptura será como la Figura 5 (a), y la mayoría de la capacidad del sólido será empleada en el punto de ruptura. Mientras que cuando la zona de transferencia de masa es casi tan larga como el lecho, la curva de ruptura es más extendida, como en la Figura 5 (b), y se emplea menos de la mitad de la capacidad del lecho. Una zona de transferencia de masa estrecha es deseable para hacer uso eficiente del adsorbente (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Figura 5. Curvas de ruptura para a) una estrecha y b) una amplia zona de transferencia de masa.



(McCabe, Smith y Harriot, 2007).

4. Parámetros que afectan en la adsorción

El fenómeno de adsorción puede verse afectado tanto de manera positiva como negativa por algunas variables como la temperatura, pH, tamaño de partículas o simplemente por la presencia de otros iones. Estos parámetros pueden aumentar o disminuir la captación de los iones metálicos (Tovar, Ortíz y Jaraba, 2015).

a. Efecto de la temperatura

Estudios anteriores sugieren que un aumento elevado de la temperatura puede causar un cambio en la textura del adsorbente y un deterioro del material que conlleva a una pérdida de capacidad de adsorción (Tovar, Ortíz y Jaraba, 2015).

b. Efecto del pH

El valor del pH de la fase acuosa es el factor más importante tanto en la adsorción de cationes como de aniones, siendo el efecto distinto en ambos casos. Lo anterior debido a que la adsorción de cationes suele estar favorecida para valores de pH superiores a 4.5; mientras que la adsorción de aniones prefiere un valor bajo de pH, entre 1.5 y 5 (Tovar, Ortíz y Jaraba, 2015).

Según Mahindrakar y Rathod un pH entre 5 y 7 se considera un rango adecuado para el estudio de biosorción. Se requieren condiciones ácidas ya que aumenta la afinidad de la cáscara de banano por los iones metálicos. Más allá del pH óptimo, la adsorción disminuye. A pH más bajo, H⁺ compite con cationes metálicos para el sitio de adsorción disponible, mientras que a pH más alto, los sitios de adsorción no se activan (Anwar, Shafique, Zaman, Salman, Dar y Anwa, 2009).

c. Efecto del tiempo de contacto y velocidad de agitación

El tiempo de contacto y la velocidad de agitación se evaluaron como factores importantes que afectan la eficiencia de adsorción. La adsorción aumenta con el aumento del tiempo de contacto y la velocidad de agitación. La baja velocidad acumula el adsorbente en el fondo, en lugar de esparcirse en la solución que resulta en el entierro de varios sitios activos debajo de las capas de adsorbente anteriores. Dado que la adsorción es un fenómeno superficial, las capas enterradas no juegan su papel en la captación de metales. La velocidad de agitación debe ser adecuada para garantizar todos los sitios de unión disponibles para la adsorción de metal. Sin embargo, una velocidad muy alta puede reducir la eliminación del metal, no permitiendo suficiente tiempo para que los iones metálicos se adsorban (Anwar, Shafique, Zaman, Salman, Dar y Anwa, 2009).

d. Efecto del tamaño de partícula

Una de las variables importantes que influyen en la biosorción es el tamaño del biosorbente que decide el área de superficie total disponible y, por lo tanto, la capacidad del biosorbente.

En experimentos anteriores, al trabajar con partículas de 107 μm mostró menos capacidad de bioadsorción. Esto se debe a que las partículas de menor tamaño tienden a convertirse en agregados que tienen menos área superficial para la bioadsorción que las partículas individuales. Mientras que la capacidad de biosorción para un tamaño de partícula de 439 μm es mejor, dando la máxima eficiencia. Por otro lado, las muestras que

tenían un tamaño más grande de 439 μm presentaron a una menor capacidad de biosorción, ya que proporcionaban menos área superficial para la adsorción (Mahindrakar y Rathod, 2018).

e. Efecto de la altura del lecho

La remoción de metales en una columna de lecho fijo, depende, entre otros factores, de la cantidad de adsorbente utilizado, o lo que es lo mismo, de la altura de relleno con que se trabaja. Al aumentar la altura del lecho, se incrementa el tiempo de ruptura, y por lo tanto, la cantidad del ion metálico removido; de igual manera, incrementa el área superficial del adsorbente, disponiéndose de más sitios de unión para la adsorción y consecuentemente, la capacidad de adsorción del lecho en el punto de ruptura aumenta (Valencia y Castellar, 2013).

5. Bioadsorción

La bioadsorción es un proceso que da lugar a la captación activa o pasiva de iones metálicos, lo anterior debido a la propiedad que diversas biomasas vivas o muertas poseen para enlazar y acumular este tipo de contaminantes por distintos mecanismos. Esta surge como una alternativa para la remoción de iones de metales pesados en los efluentes industriales, puesto que es una tecnología que no solo permite removerlos, sino que también permite darle un tratamiento a los desechos agrícolas que antes no tenían ninguna utilidad. Entre las ventajas que presenta la bioadsorción, comparado con las técnicas convencionales, están: bajo costo, fácil adquisición, alta eficiencia, minimización de productos químicos, no se requieren nutrientes adicionales, regeneración de los biosorbentes y posibilidad de recuperación de metales (Tovar, Ortíz y Jaraba, 2015).

Investigaciones recientes sobre la adsorción de iones de metales pesados en aguas residuales, demuestran la capacidad de adsorción de distintas biomasas residuales tales como: corteza de árbol del pirul, la cáscara de tamarindo, cáscara de banano (*Musa paradisiaca*), cáscara de limón (*Citricos limonum*), cáscara de naranja (*Citricos sinensis*), hoja de maíz, cáscara de maní, quitosano, desechos de tallo de uva, entre otros. El fenómeno de bioadsorción utilizando biomasa muerta es la mejor alternativa para la eliminación de iones metálicos, puesto que no utiliza organismos vivos como materiales bioadsorbentes; donde estos últimos pueden verse afectados por las altas concentraciones de dichos contaminantes, interrumpiendo el proceso de adsorción por la muerte de los mismos (Tovar, Ortíz y Jaraba, 2015).

La bioadsorción es un proceso que involucra una fase sólida (biomasa) y una fase líquida (agua) que contiene disueltos la sustancia de interés que será adsorbida. Además, debe existir una gran afinidad entre los grupos funcionales de la biomasa y el contaminante, puesto que este último debe ser atraído hacia el sólido y enlazado por distintos mecanismos. En general, la extracción de metales mediante biomasas residuales se debe a sus proteínas, carbohidratos y componentes fenólicos que poseen grupos carboxilo, hidroxilo, sulfatos, fosfatos y amino, los cuales presentan afinidad por los iones metálicos, facilitando su captación (Tovar, Ortíz y Jaraba, 2015).

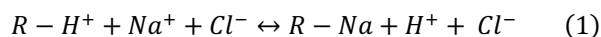
D. Intercambio iónico

Las operaciones de intercambio iónico son reacciones químicas de sustitución entre un electrolito en solución y un electrolito insoluble con el cual se pone en contacto la solución. El mecanismo de estas reacciones y las técnicas empleadas para alcanzarlas son parecidos a los de adsorción que, para la mayoría de los fines de Ingeniería, el intercambio iónico puede considerarse como un caso especial de la adsorción (Treybal, 2005).

1. Propiedades del proceso de intercambio iónico

Las propiedades que rigen el proceso de intercambio iónico y establecen sus características son:

- Las resinas actúan selectivamente, de manera que pueden preferir un ión sobre otro. La selectividad depende de la carga y el tamaño de los iones. La influencia más importante es la magnitud de la carga del ión, puesto que una resina prefiere contraiones de elevada valencia (García, 2016).
- La reacción de intercambio iónico es reversible; lo que quiere decir que puede avanzar en los dos sentidos (Contyquim, 2019).
- En la reacción se mantiene la electroneutralidad, en donde un ión simple se intercambia por otro ión simple (Contyquim, 2019). Un ejemplo puede ser la siguiente reacción:



Donde:

R = Estructura molecular orgánica.

H^+ = Hidrón

Na^+ = Ión de sodio cargado positivamente.

Cl^- = Ión de cloro cargado negativamente.

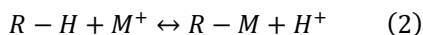
(Contyquim, 2019).

2. Resinas intercambiadoras de iones

Una resina de intercambio iónico hace referencia a cualquier variedad de compuestos orgánicos polimerizados sintéticamente y que contienen sitios cargados positiva o negativamente que pueden atraer un ión de carga opuesta de una solución circundante. Los grupos cargados eléctricamente son comúnmente sales

de ácido sulfónico o carboxílico o sales de amonio cuaternario. Los polímeros que contienen grupos ácidos se clasifican como intercambiadores ácidos o catiónicos porque intercambian iones con carga positiva, como iones hidrógeno e iones metálicos; los que contienen grupos amonio se consideran intercambiadores básicos o aniónicos porque intercambian iones cargados negativamente, generalmente iones hidróxido o iones haluro (Britannica, 2012).

Si el ión intercambiable en la resina es el H^+ , evidentemente podrá ser sustituido por otros iones de su mismo signo según la siguiente ecuación:



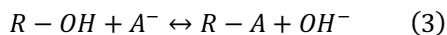
Donde:

R = Estructura molecular orgánica.

H^+ = Catión hidrógeno.

M^+ = Es un catión proveniente de un elemento electropositivo.

En el segundo caso, se tendría análogamente:



Donde:

R = Estructura molecular orgánica.

OH^- = Anión hidróxido.

A^- = Ión cargado negativamente.

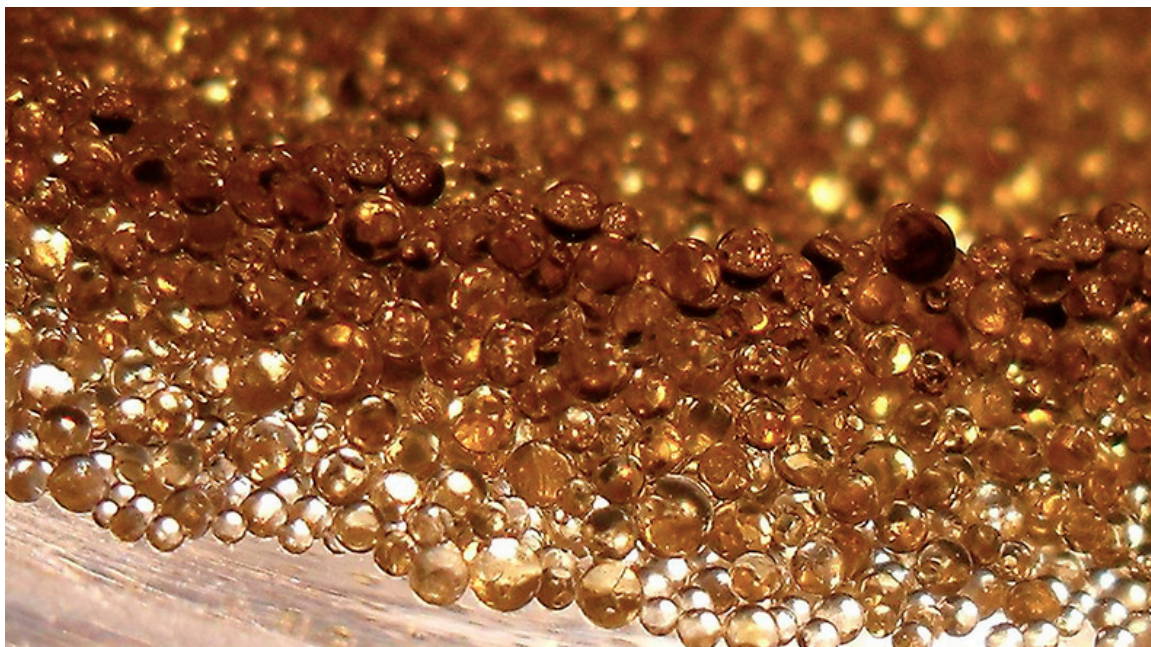
(Contyquim, 2019).

Las resinas de intercambio iónico son sólidos ligeros y porosos, generalmente preparados en forma de gránulos, perlas o láminas. Cuando se sumergen en solución, las resinas absorben la solución y se hinchan; el grado de hinchamiento depende de la estructura polimérica y de la concentración total de iones de la solución (Britannica, 2012).

Se pueden sintetizar resinas de composiciones químicas y propiedades físicas adecuadas para aplicaciones específicas de intercambio iónico; es por ello que, conforman la mayor parte de los materiales sintéticos de intercambio iónico utilizados en el laboratorio y la industria. En aplicaciones industriales y domésticas, las resinas de intercambio iónico se utilizan para la eliminación de sales de calcio, magnesio, hierro y manganeso

del agua (ablandamiento del agua), para la purificación del azúcar y para la concentración de elementos valiosos, como oro, plata, y uranio de minerales minerales. En el análisis químico, las resinas de intercambio iónico se utilizan para la separación o concentración de sustancias iónicas, y en la síntesis química, algunas resinas de intercambio iónico se han utilizado como catalizadores eficaces, especialmente en reacciones de esterificación e hidrólisis (Britannica, 2012).

Figura 6. Resina de intercambio iónico.



(Wet, 2020).

E. Banano

El banano es una de las frutas tropicales más cultivadas, la cual se cultiva en más de 130 países. Las plantas de banano pertenecen a la familia Musaceae; estas se reproducen asexualmente por vástagos que nacen de un tallo subterráneo. Los brotes tienen un crecimiento enérgico y pueden producir un racimo maduro en menos de un año. Los vástagos siguen brotando de una única mata año tras año, lo que hace de los bananos un cultivo continuo (Arias, Dankers, Liu y Pilkauskas, 2004). Éstos se cultivan principalmente por su fruto y, en menor medida, por la producción de fibra y como plantas ornamentales. Las plantas de banano son normalmente altas y resistentes. Para algunas especies, la altura puede alcanzar hasta 8 m. Cada tallo puede producir un montón de bananos verdes que cuando maduran se vuelven amarillos. Las frutas de banano crecen en racimos colgantes, con casi 20 frutas por mano (nivel) y 3–20 manos por racimo. El fruto promedia 125 g, de los cuales el 25% es materia seca y el resto es agua. El banano es una de las frutas más grandes consumidas en el mundo y las cáscaras inútiles, por lo tanto, crean uno de los principales problemas de los residuos agrícolas (Anwar, Shafique, Zaman, Salman, Dar y Anwa, 2009).

1. Cáscara de banano

Las cáscaras de banano son una buena fuente de lignina (6%-12%), pectina (10%-21%), celulosa (7.6-9.6%) y hemicelulosa (6.4%-9.4%). Las sustancias de pectina son heteropolisacáridos complejos que contienen ácido galacturónico, arabinosa, galactosa y ramnosa como principales componentes del azúcar. Los grupos carboxilo del ácido galacturónico permiten que las sustancias pectínicas se unan fuertemente a los cationes metálicos en solución acuosa. Es por ello que las cáscaras de banano en polvo podrían usarse para la bio-adsorción de formas solubles de metales pesados en las aguas residuales, lo que ha generado una creciente preocupación en varios países (Velardi, Di Palma y Verdone, 2017).

2. Guatemala como país exportador de banano

El banano en Guatemala, Honduras y Panamá contribuye fundamentalmente a las economías de estos países y es una importante fuente de ingresos de exportación y de empleo. No obstante, la producción global en estos países se mantuvo relativamente estancada en los años 1985-2000 debido a la influencia de fenómenos relacionados con la climatología, desacuerdos industriales, enfermedades de los cultivos, el aumento de los costos de producción y la depresión de los precios del banano. Fue a partir del año 2000, donde se empezó a observar una importante recuperación de la producción y las exportaciones en Guatemala, las cuales se vieron afectadas a finales de 1998 por el Huracán Mitch (Arias, Dankers, Liu y Pilkauskas., 2004).

Los principales productos agrícolas del Guatemala son café, caña de azúcar, bananos, plátano y cardamomo. Las exportaciones de banano han ido aumentando de manera constante a un ritmo de 5.4% anual desde la década de los sesenta, pero la mayor parte del aumento se produjo en los noventa. Los obstáculos más importantes para el aumento de la producción y las exportaciones son el transporte (Arias, Dankers, Liu y Pilkauskas., 2004).

El banano se posicionó como el principal generador de divisas del sector agrícola, en 2018. A pesar de que la producción bananera tuvo una caída de 47.3 toneladas en 2018, a causa de fenómenos climáticos, Guatemala se ubicó como el tercer exportador mundial, detrás de Ecuador y Filipinas, al suministrar un 13% de la demanda, estimó preliminarmente la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés). Esta última refiere que el país exportó 2 millones 319 mil toneladas, de las 19.2 millones que se comercializaron en el mundo (Jilguan, 2019).

a. Aspectos productivos

Cuadro 1. Área, producción y rendimiento.

Año calendario	Área cosechada (manzanas)	Producción (quintales)
2011	94,300	63,503,400
2012	97,700	65,660,800
2013	100,600	72,918,800
2014	102,100	75,506,700
2015 p/	107,400	83,690,000
2016 e/	111,900	83,227,800

p/ Cifras preliminares. e/ Cifras estimadas.

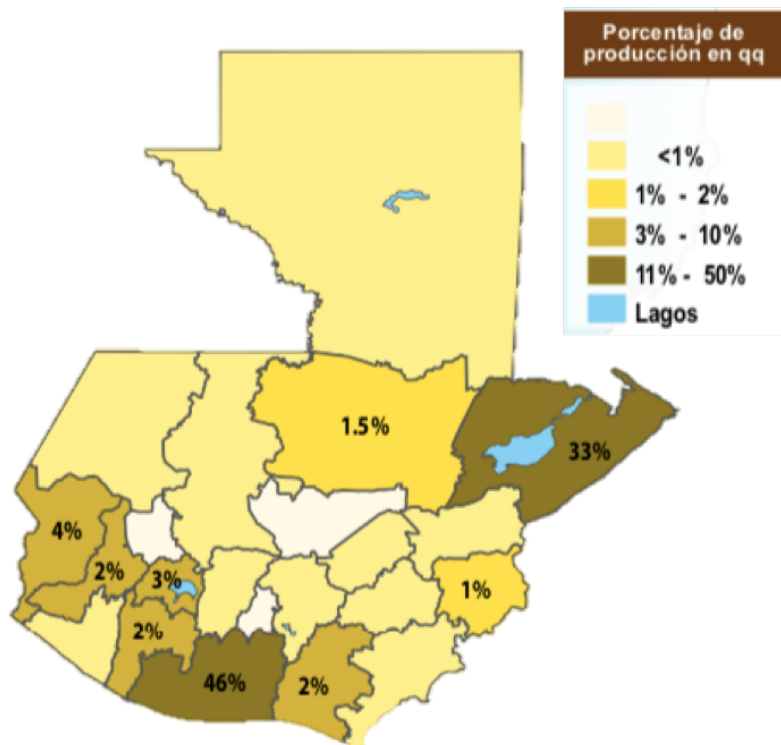
FUENTE: -DIPLAN-MAGA con datos de BANGUAT.

b. Principales departamentos productores

La producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente manera: Escuintla 46%, Izabal 33% y los demás departamentos de la República suman el 21% restante.

El 84.5% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 6 departamentos: Izabal 34.3%, Escuintla 27.6%, San Marcos 8.1%, Suchitepéquez 6.5%, Sololá 5.5% y Quetzaltenango 2.5% (MAGA, 2016).

Figura 7. Departamentos productores de banano en Guatemala.



(MAGA, 2016).

F. Piedra pómez

La piedra pómez, también llamada “pumita” o “pumacita” es una materia prima mineral de origen volcánico, en cuya composición intervienen mayoritariamente la sílice y la alúmina, con porcentajes aproximados del orden de: 70% de SiO_2 y 13% de Al_2O_2 . Esta piedra es una roca con alta porosidad, ligera, eficaz aislante térmico y con propiedades puzolánicas. Debido a que se le considera una puzolana natural de bajo coste, la piedra pómez es un ingrediente importante en la elaboración del cemento Portland, incrementando así su durabilidad química (resistencia frente al ataque por las aguas puras, carbónicas, agresivas o ligeramente ácidas). Aparte de este uso industrial, se emplea piedra pómez en la fabricación de filtros, abrasivos y usos agrícolas (IGME, 2003).

1. Identificación de los peligros

a. Para el medio ambiente

La piedra pómez es una sustancia de origen natural, no modificada químicamente, y no presenta ningún peligro para su uso en condiciones medio ambientales normales (Manuel Riesgo, 2011).

b. Efectos perjudiciales para la salud

La exposición a una excesiva concentración de polvo en el aire, puede provocar dificultades respiratorias. Irritación en los ojos y depósitos del producto en las vías respiratorias y en los oídos (Manuel Riesgo, 2011).

2. Composición sobre los componentes

a. Composición química estándar

Silicato complejo natural amorfo constituido principalmente por: Óxido de aluminio (Al_2O_3) entre 12 y 13%; Sílice amorfa (SiO_2) entre 70 y 72%; y cantidades menores de otros óxidos metálicos (Manuel Riesgo, 2011).

3. Propiedades físicas y químicas

a. Información general

Aspecto: Sólido granulado o en polvo.

Olor: Inodoro.

b. Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente

pH: (Solución acuosa 10%) entre 7 y 8.

Punto de ebullición: No aplicable.

Punto de fusión: 1500°C

Punto de ignición: No aplicable.

Inflamabilidad: No inflamable.

Propiedades explosivas: No aplicable.

Propiedades comburentes: No aplicable.

Presión de vapor: No aplicable.

Densidad relativa: 2.2 a 2.4g/cm³.

Solubilidad en agua: Insoluble.

Viscosidad: No aplicable.

Densidad de vapor: No aplicable.

Velocidad de evaporación: No aplicable.

(Manuel Riesgo, 2011)

4. Panorama mundial

Entre los campos de aplicación de la piedra pómez, se encuentran la construcción (cementos, hormigones ligeros, roca ornamental o de sillería), horticultura, tratamiento de aguas y la producción de abrasivos, textil,

filtros, absorbentes, etc.; en forma micronizada, la piedra pómez se agrega por su capacidad absorbente y suavemente abrasiva en detéfricos, jabones y productos domésticos o industriales destinados al pulido (IGME, 2003).

G. Ensayo granulométrico

Para poder llevar a cabo un buen ensayo granulométrico se hace uso de una tamizadora, la cual es un elemento mecánico que facilita el tamizado de las muestras, realiza el tamizado de una sola vez. Es importante mencionar que se debe de colocar la batería de tamices de mayor a menor abertura de malla y luego, con el movimiento oscilatorio se realiza el tamizado de la muestra (García y Saval, 2009).

1. Porcentaje retenido acumulado

Es el porcentaje en masa de todas las partículas de mayor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como:

$$\text{Retenido Acumulado (\%)} = \frac{\text{Retenido acumulado}}{\sum \text{Retenidos parciales}} * 100 \quad (\text{ec. 4})$$

(García y Saval, 2009).

2. Porcentaje retenido parcial

Es el porcentaje en masa correspondiente a la fracción directamente retenida en un determinado tamiz y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Retenido parcial (\%)} = \frac{\text{Retenido parcial}}{\sum \text{Retenidos parciales}} * 100 \quad (\text{ec. 5})$$

(García y Saval, 2009).

3. Porcentaje retenido acumulado que pasa

Es el porcentaje en masa de todas las partículas de menor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como:

$$\text{Retenido que Pasa (\%)} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \quad (\text{ec. 6})$$

(Registro, 1977)

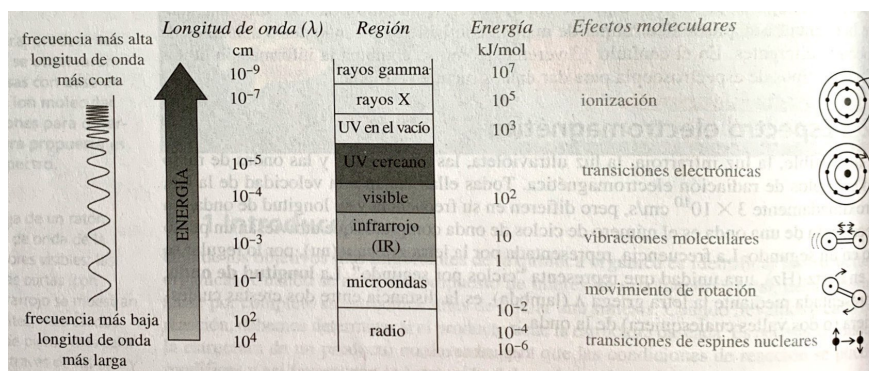
H. Espectroscopia infrarroja (IR)

Analiza las vibraciones de los enlaces y proporciona evidencia de los grupos funcionales presentes (Wade, Simekm, 2017).

1. Espectro electromagnético

Hace referencia al intervalo de todas las frecuencias posibles, de cero al infinito. En la práctica, los intervalos del espectro van desde las frecuencias de radio muy bajas que se utilizan para comunicarse con submarinos, hasta las frecuencias demasiado altas de los rayos gamma. La siguiente figura muestra la longitud de onda y las relaciones de energía de varias partes del espectro electromagnético (Wade y Simekm, 2017).

Figura 8. Espectro electromagnético y efectos moleculares resultantes.



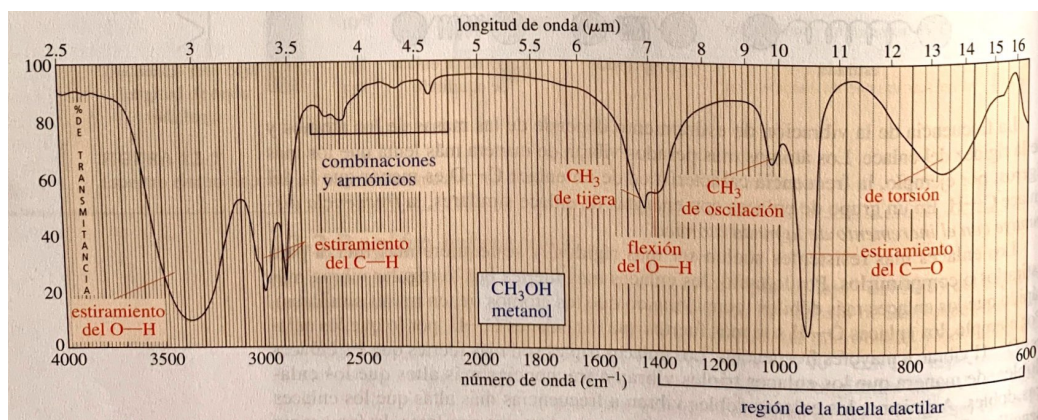
(Wade y Simekm, 2017).

2. Región infrarroja

Esta región del espectro corresponde a las frecuencias que están justo por debajo de las frecuencias visibles, y justo por encima de las frecuencias más altas de las microondas y del radar. Los espectrómetros de infrarrojo comunes operan en medio de esta región, a longitudes de onda de entre $2.5 \times 10^{-4} \text{ cm}$ y $25 \times 10^{-4} \text{ cm}$ (Wade y Simekm, 2017).

Un espectro infrarrojo es una gráfica de la energía absorbida por una molécula como una función de la frecuencia o de la longitud de onda de la luz. En la región del infrarrojo, las absorciones por lo general resultan de la excitación de los modos vibracionales de los enlaces en la molécula. Incluso en los compuestos sencillos, los espectros infrarrojos contienen varias absorciones distintas, no sólo una absorción para cada enlace. En la siguiente figura se muestra un ejemplo del espectro infrarrojo del metanol (Wade y Simekm, 2017).

Figura 9. Espectro infrarrojo del metanol.



(Wade y Simekm, 2017).

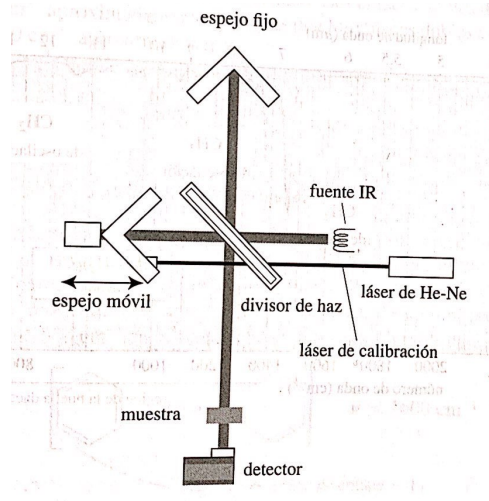
3. Medición del espectro IR

Los espectros infrarrojos se pueden medir empleando muestras líquidas, sólidas o gaseosas que se colocan en el haz de luz infrarroja. Se puede colocar una gota de un líquido como una película delgada entre dos placas de sal hechas de $NaCl$ o KBr , las cuales son transparentes a las frecuencias más importantes de la luz infrarroja. También, se puede moler un sólido con KBr y hacer una pastilla compacta que se coloca en el haz de luz. Como alternativa, se puede moler una muestra sólida y agregar aceite de parafina para formar una suspensión, y como con un líquido, la muestra se coloca entre dos placas de sal. Los sólidos también se pueden disolver en disolventes comunes como CH_2Cl_2 , CCl_4 o CS_2 los cuales no tienen absorciones en las áreas de interés. Los gases se colocan en una celda más grande con ventanas de sal pulidas. Estas celdas de gas comúnmente poseen espejos que reflejan el haz a través de la celda varias veces para obtener una absorción más intensa (Wade y Simekm, 2017).

Un espectrofotómetro de infrarrojo mide las frecuencias de la luz infrarroja absorbida por un compuesto. En la actualidad, los espectrofotómetros de infrarrojo por transformada de Fourier (IR-TF) son los más utilizados. Estos equipos utilizan un interferómetro, el cual se muestra en la Figura 10, para medir un espectro IR. La luz infrarroja va de la fuente luminosa a un separador de haces, por lo general fabricado con KBr pulido, colocado a un ángulo de 45° . Parte del haz pasa a través del separador de haces y parte se refleja a un ángulo recto. El haz reflejado incide sobre un espejo estacionario, mientras que el haz transmitido incide sobre un espejo que se mueve a una velocidad constante. Los haces regresan de los espejos para volver a combinarse en el separador de haces. El haz del espejo móvil ha recorrido una distancia distinta a la del haz del espejo fijo, y los dos haces se combinan para crear un patrón de interferencia llamado interferograma, el

cual contiene de manera simultánea todas las frecuencias y pasa a través del compartimiento de la muestra para alcanzar el detector (Wade y Simekm, 2017).

Figura 10. Diagrama de bloques de un interferómetro en un espectro IR-TF.



(Wade y Simekm, 2017).

I. Espectroscopia atómica

La contaminación del agua es un problema muy grande tanto en los Estados Unidos como en otros países industrializados. Los metales traza en muestras de agua contaminada suelen ser determinados mediante una técnica de múltiples elementos, como la espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente. También se emplean técnicas de un solo elemento, como es el caso de la espectrometría de absorción atómica (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

Los métodos de espectroscopia atómica son empleados para la determinación cualitativa y cuantitativa de más de 70 elementos. Normalmente estos métodos pueden identificar cantidades entre partes por millón y por billón, e incluso, en algunos casos, concentraciones aún menores. Los métodos de espectroscopia atómica también son rápidos, convenientes y generalmente de alta selectividad (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

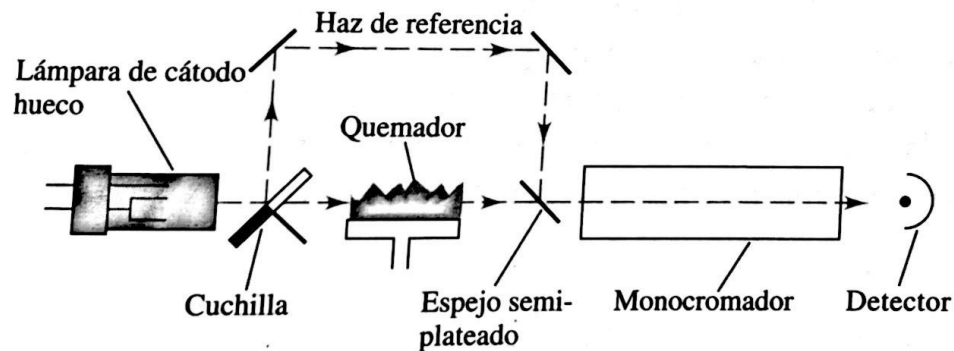
1. Espectrofotometría de absorción atómica

En la actualidad, la espectroscopia de absorción atómica (AAS, por sus siglas en inglés) es el método atómico más utilizado debido a su simplicidad, eficiencia y bajo costo relativo (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

a. Instrumento de absorción atómica (Espectrofotómetro)

La mayoría de las mediciones de AAS son ejecutadas con instrumentos equipados con un monocromador de rejilla para poder aislar la radiación ultravioleta/visible. La Figura 11 representa el esquema de un instrumento típico de doble haz. La radiación desde la lámpara de cátodo hueco es bloqueada y dividida mecánicamente en dos haces, uno de los cuales pasa a través de la flama y el otro, alrededor de la flama. Un espejo semiplateado regresa ambos haces hacia una sola trayectoria por la cual pasan ambos de manera alternante a través del monocromador y hacia el detector (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

Figura 11. Trayectorias ópticas en un espectrofotómetro de doble haz de absorción atómica.



(Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

J. Caracterización física de bioresina

1. Densidad aparente

La densidad aparente de un material o un cuerpo, es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contenga, aparentes o no (Construmatica, 2016).

a. Factores que la afectan

Algunos factores que pueden afectar la densidad aparente son: la composición y la estructura. Si se trata de suelos arenosos, los cuales tienden a tener densidades mayores que suelos muy finos, al mismo tiempo en suelos estructurados los valores son menores. La densidad aparente del suelo es un buen indicador de importantes características del suelo, tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de drenaje (Crespo, 2004).

En un tipo de suelo los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje. Por otro lado, si los valores son elevados, indica que el suelo es compacto o poco poroso, que

tiene poca porosidad en su composición, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar inundaciones (Crespo, 2004).

K. Escalamiento de columna catiónica

Para poder llevar a cabo el escalado a nivel de planta industrial, se hace uso de la metodología propuesta por Cuberlo. Dicha metodología toma en cuenta los parámetros de operación del modelo en función de las mejores condiciones (Leiva-Mas, 2012). En esta metodología se plantea que para el modelo y el prototipo se deben de cumplir los siguientes principios:

- Similitud geométrica.
- Similitud térmica, debido a que el rango de temperatura de trabajo no varía.
- Similitud cinemática, en la cual las propiedades físicas del fluido se mantienen constantes de una escala a otra, con el fin de garantizar el régimen de transferencia de masa.

1. Similitud geométrica

El modelo a escala laboratorio y el de planta industrial deberán de ser iguales geoméricamente, de manera que la relación L/D es constante e igual en cada sistema, cumpliéndose que:

$$\frac{H_p}{H_m} = \frac{D_p}{D_m} \quad (ec. 7)$$

Donde:

H_p = Altura de modelo a escala.

H_m = Altura de modelo experimental.

D_p = Diámetro de columna de modelo a escala.

D_m = Diámetro de columna de modelo experimental.

(Cuberlo, 1997)

Las propiedades físicas del fluido no varían, debido a que es lo mismo tanto en el laboratorio como en el escalado a planta industrial:

$$\frac{\rho_p}{\rho_m} = \frac{\mu_m}{\mu_p} \quad (ec. 8)$$

(Cuberlo, 1997)

El rango de temperatura no cambia, de manera que se considera similitud térmica.

En operaciones de adsorción, absorción o reacciones catalíticas en lecho fijo o fluidizado, el escalado se efectúa sin variar el tipo de partícula, puesto que la naturaleza, dimensiones y porosidad se mantienen en ambos sistemas, por lo que se cumple que:

$$Re_m = Re_p = constante.$$

$$\frac{Re_p}{Re_m} = 1 \quad (ec. 9)$$

(Cuberlo, 1997)

Al considerar que los sistemas homólogos son semejantes geométrica y térmicamente, se cumple que:

$$v_{om} = v_{op} = constante.$$

$$\frac{v_{op}}{v_{om}} = 1 \quad (ec. 10)$$

(Cuberlo, 1997)

Significa que manteniéndose constantes las dimensiones entre el modelo del laboratorio y el de la planta industrial, así como las propiedades del fluido que circula a través de la columna y el tipo de partícula que se emplee como adsorbente, la velocidad superficial tiene que ser la misma para ambos sistemas (Cuberlo, 1997).

2. Área de paso de la columna del sistema

$$A_p = 2\pi(rh + r^2) \quad (ec. 11)$$

Donde:

D = Diámetro de la columna del sistema.

h = Altura de la columna del sistema.

A_c = Área de paso de la columna del sistema.

(Agamez, 2014).

3. Altura del lecho

$$h_l = \frac{V_R}{A_C} \quad (ec. 12)$$

Donde:

A_C = Área de paso de la columna.

V_R = Volumen del lecho.

h_l = Altura del lecho.

(Agamez, 2014).

4. Relación de esbeltez (L/D)

$$\frac{h_T}{D} \quad (ec. 13)$$

Donde:

h_T = Altura total de la columna del sistema.

D = Diámetro de la columna del sistema.

(Agamez, 2014).

5. Porcentaje de expansión del lecho

$$\% \text{ de expansión} = \frac{(h_m - h_s)}{h_m} * 100 \quad (ec. 14)$$

Donde:

h_m = Altura del lecho mojado.

h_s = Altura del lecho seco.

(Reyes, 2004).

6. Expansión del lecho por hinchazón de resina

$$E_{Max.} = h_l * (\% \text{ de expansión}) \quad (ec. 15)$$

Donde:

h_l = Altura del lecho.

$E_{Max.} = \text{Expansión del lecho}$

(Agamez, 2014).

7. Altura del lecho hinchado

$$h_{lex.} = h_l + E_{Max.} \quad (\text{ec. 16})$$

Donde:

$h_l = \text{Altura del lecho.}$

$E_{Max.} = \text{Expansión del lecho.}$

$h_{lex.} = \text{Altura del lecho hinchado.}$

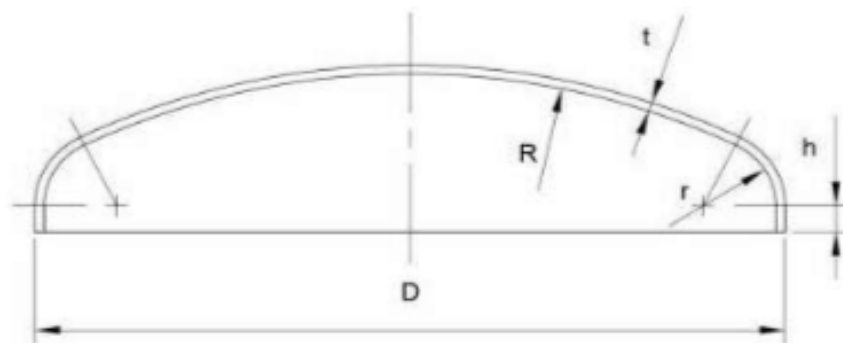
(Agamez, 2014).

8. Cabezales toriesféricos

Los cabezales son las tapas que cierran la carcasa. Normalmente son bombeados, existiendo una gran diversidad de tipos entre ellos, y como excepción existen los fondos cónicos y planos, de muy reducida utilización (Agamez, 2014).

Los cabezales toriesféricos son los de mayor aceptación en la industria, puesto que son de bajo costo y soportan grandes presiones. Además, su característica principal es que el radio del abombado es aproximadamente igual al diámetro. Estos se pueden fabricar en diámetros desde 0.3m hasta 6m (Agamez, 2014).

Figura 12. Cabezal toriesférico del tipo ASME FLANGED & DISHED.



(Agamez, 2014).

a. Radio de corona

$$R = D \quad (ec. 17)$$

Donde:

$R =$ Radio de corona.

$D =$ Diámetro de columna.

b. Radio de nudillo

$$r = 0.10D \quad (ec. 18)$$

Donde:

$r =$ Radio de nudillo.

$D =$ Diámetro de columna.

c. Altura de parte recta

$$h = 0.15D + t \quad (ec. 19)$$

Donde:

$h =$ Altura parte recta.

$D =$ Diámetro de columna.

$t =$ Espesor

(Agamez, 2014).

L. Transporte y medida de fluidos

1. Válvulas

Una planta de procesamiento típica contiene miles de válvulas de diferentes tamaños y formas. Sin embargo, a pesar de la amplia variedad de diseños, todas las válvulas tienen un propósito principal: disminuir o detener el flujo de un fluido. Algunas válvulas funcionan mejor en servicio de cerrado-abierto prendido-apagado, es decir, abiertas o cerradas por completo. Otras están diseñadas para suprimir o reducir la presión y la velocidad de flujo de un fluido. Existen otras que permiten el flujo sólo en una dirección o bajo ciertas condiciones de temperatura y presión. Finalmente, mediante el uso de sensores y sistemas de control automático para ajustar la posición de la válvula y por consiguiente el flujo a través de la válvula, es posible controlar desde puntos alejados de la válvula, la temperatura, la presión, el nivel del líquido y otras propiedades del fluido (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

No obstante, en todos los casos, la válvula inicialmente detiene o controla el flujo. Esto se realiza colocando un obstáculo en la trayectoria del fluido, el cual es posible moverlo a voluntad dentro de la tubería, sin que prácticamente existan fugas del fluido hacia el exterior de la misma (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

a. Válvulas de globo

Las válvulas de globo se utilizan con frecuencia para controlar la velocidad de flujo de un fluido. Además, la abertura aumenta en forma lineal con respecto a la posición del vástago, y su uso es uniformemente distribuido alrededor del disco (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

2. Tubos y tuberías

Los fluidos se transportan generalmente por el interior de tubos o tuberías de sección circular, que existen en una gran variedad de tamaños, espesores de pared y materiales de construcción (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

No existe una clara distinción entre tubería y tubo. Sin embargo, las tuberías tienen paredes gruesas, diámetro relativamente grande y se construyen en longitudes moderadas, comprendidas entre los 6 y 12 metros (20 y 40 pies); mientras que los tubos, son de pared delgada y generalmente se venden en forma de rollos de muchos metros de longitud. Las tuberías metálicas se pueden roscar, pero los tubos no. Las paredes de las tuberías son generalmente rugosas, y en cambio, los tubos tienen paredes muy lisas (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Los tramos de tubos se pueden unir por bridas o mediante accesorios soldados. Las piezas de tuberías se unen generalmente mediante accesorios. Los tubos se fabrican por extrusión o laminación en frío; y las tuberías se fabrican por soldadura o moldeo. Los tubos y tuberías se fabrican de muy diferentes materiales, incluyendo metales y aleaciones, madera, cerámica, vidrio y diferentes plásticos. El cloruro de polivinilo (PVC) es ampliamente utilizado para conducciones de agua (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

En las plantas de proceso, el material más frecuente es acero de bajo contenido en carbono, con el que se fabrica la llamada tubería de hierro negro. Con frecuencia se emplean también las tuberías de hierro forjado y de fundición. También es común encontrar tuberías de acero galvanizado, la cual también está estandarizada (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

a. Tamaños

Los tubos y tuberías se clasifican en función de su diámetro y del espesor de pared. En tuberías de acero, los diámetros nominales normalizados están comprendidos en el intervalo de 1/8 a 30 pulgadas. En tuberías

grandes, de más de 12 pulgadas de diámetro, el diámetro nominal es igual al diámetro externo real. En tuberías pequeñas, el diámetro nominal no corresponde a ninguna dimensión real (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Independientemente del espesor de pared, el diámetro externo de todas las tuberías correspondientes a un determinado diámetro nominal es el mismo. Esto con el fin de poder intercambiar los accesorios como uniones, válvulas, etc. El espesor de pared de una tubería viene dado por el “Número de Catálogo, Cédula, Chapa o Norma” que aumenta con el espesor. Se utilizan diez números de catálogo: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160. Sin embargo, los más comunes son el 40, 80, 120 y 160, sobre todo en tuberías de menos de ocho pulgadas de diámetro. Es importante mencionar que la presión de operación máxima admisible es la cuarta parte de la máxima que soporta el material (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

b. Selección del tamaño de tubería

Si la fuerza motriz para impulsar el fluido a través de la tubería está disponible gratis, por ejemplo, cuando se baja la presión de un recipiente a otro o si hay suficiente altura para el flujo por gravedad, el diámetro de tubería más pequeño que da la tasa de flujo requerida normalmente sería usado. No obstante, si el fluido debe bombearse a través de la tubería, el tamaño debe seleccionarse para dar el menor costo total anualizado. (Towler & Sinnott, 2008).

En instalaciones pequeñas, basta con una estimación según criterio. Simpson (1986) da valores para la velocidad óptima en términos de densidad del fluido. En la siguiente tabla, se indican sus valores, convertidos a unidades SI y redondeados:

Figura 13. Velocidad de fluidos en tuberías.

Fluid Density kg/m ³	Velocity m/s
1600	2.4
800	3.0
160	4.9
16	9.4
0.16	18.0
0.016	34.0

(Towler & Sinnott, 2008).

c. Caída de presión en tuberías

La caída de presión en una tubería, debido a la fricción, es función del caudal de fluido, la densidad y viscosidad del fluido, el diámetro de la tubería, la rugosidad de la superficie de la tubería y la longitud de la tubería. Se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta P_f = 8f \left(\frac{L}{d_i} \right) \frac{\rho u^2}{2} \quad (ec. 20)$$

Donde:

ΔP_f = Caída de presión (N/m²).

f = Factor de fricción.

L = Longitud de tubería (m).

d_i = Diámetro interno de tubería (m).

ρ = Densidad del fluido (kg/m³).

u = Velocidad del fluido (m/s).

(Towler & Sinnott, 2008)

El factor de fricción depende del número de Reynolds y de la rugosidad de la tubería. El factor de fricción para usar en la ecuación, se puede encontrar en la Figura 106.

$$\text{Número de Reynolds} = \frac{D_{iR} * V_R * \rho}{\mu} \quad (ec. 21)$$

Donde:

D_{iR} = Diámetro interior real (m).

V_R = Velocidad real (m/s).

ρ = Densidad del fluido (kg/m³).

μ = Viscosidad del fluido (kg/m * s).

(Towler & Sinnott, 2008)

Para calcular la viscosidad, se debe de considerar la siguiente ecuación:

$$\mu = t_s C_v \rho \quad (ec. 22)$$

Donde:

t_s = Tiempo de salida (s).

$C_v = \text{Constante del viscosímetro (mm}^2/\text{s)}$.

$\rho = \text{Densidad del fluido (kg/m}^3\text{)}$.

$\mu = \text{Viscosidad del fluido (kg/m * s)}$.

(CANNON, 2012)

d. Efecto de válvulas y accesorios

Las válvulas y accesorios alteran las líneas normales de flujo y dan lugar a fricción. En conductos de corta longitud con muchos accesorios, las pérdidas por fricción causadas a los mismos llegan a ser mayores que las correspondientes a la longitud recta de la tubería (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

El número de cargas de velocidad perdidas, o el diámetro equivalente de la tubería, es una característica del accesorio o tipo de válvula particular utilizado. Los valores se pueden encontrar en manuales y literatura de fabricantes. Los valores para un número seleccionado de accesorios y válvulas se dan en el siguiente figura:

Figura 14. Pérdida de presión en accesorios de tuberías y válvulas.

Fitting or Valve	K, Number of Velocity Heads	Number of Equivalent Pipe Diameters
45° standard elbow	0.35	15
45° long radius elbow	0.2	10
90° standard radius elbow	0.6–0.8	30–40
90° standard long elbow	0.45	23
90° square elbow	1.5	75
Tee-entry from leg	1.2	60
Tee-entry into leg	1.8	90
Union and coupling	0.04	2
Sharp reduction (tank outlet)	0.5	25
Sudden expansion (tank inlet)	1.0	50
Gate valve		
fully open	0.15	7.5
1/4 open	16	800
1/2 open	4	200
3/4 open	1	40
Globe valve, bevel seat-		
fully open	6	300
1/2 open	8.5	450
Globe valve, plug disk-		
fully open	9	450
1/2 open	36	1800
1/4 open	112	5600
Plug valve - open	0.4	18

(Towler & Sinnott, 2008).

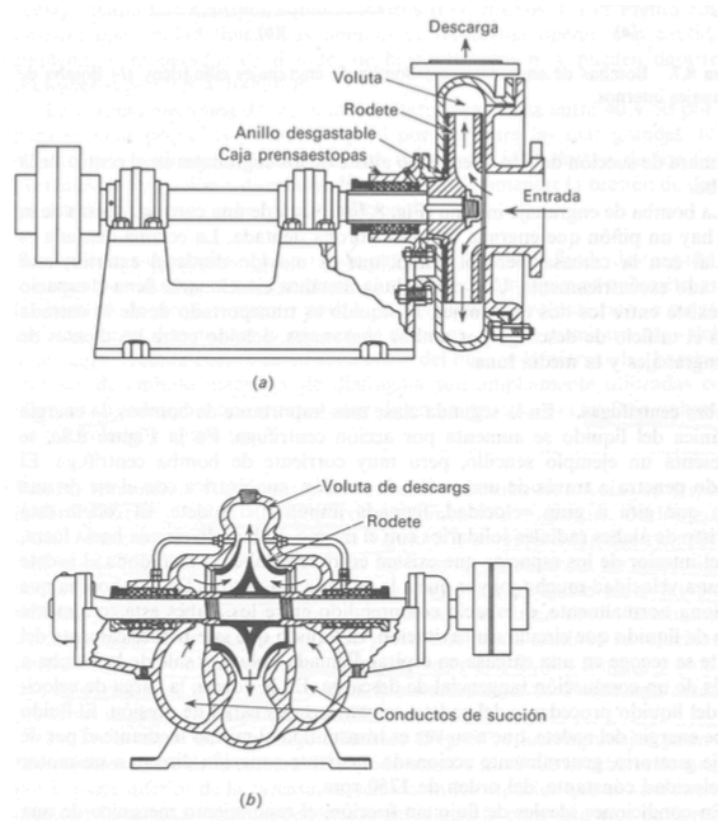
3. Bombas

En las bombas, la densidad del fluido es a la vez constante y elevada. Las diferencias de presión son generalmente considerables y se requiere una construcción robusta (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Los líquidos a veces se mueven por gravedad desde tanques elevados, o desde un “soplador” (recipiente de almacenamiento presurizado por una fuente externa de gas comprimido), aunque los aparatos más comunes para este propósito son las bombas (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Las bombas incrementan la energía mecánica del líquido, aumentando su velocidad, presión o elevación, o las tres anteriores. Las dos clases principales son las bombas de desplazamiento positivo y las bombas centrífugas. Las unidades de desplazamiento positivo aplican presión directamente al líquido por un pistón recíprocante, o por miembros rotatorios, los cuales forman cámaras alternadamente llenas o vacías del líquido. Las bombas centrífugas generan altas velocidades de rotación, entonces convierten la energía cinética resultante del líquido en energía de presión (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Figura 15. Bombas centrífugas de voluta (a) Succión sencilla. (b) Succión doble.



(McCabe, Smith y Harriot, 2007).

a. Bombas centrífugas

En este tipo de bombas, la energía mecánica del líquido se incrementa por acción centrífuga.

El líquido ingresa a través de una unión de succión, concéntrica con el eje de una pieza que gira a gran velocidad, llamada “rodete o impulsor”. El rodete está provisto de álabes radiales solidarios con el mismo. El líquido circula del centro hacia afuera, por el interior de los espacios que existen entre los álabes, y abandona el rodete con una velocidad mucho mayor que la que tenía a la entrada del mismo (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

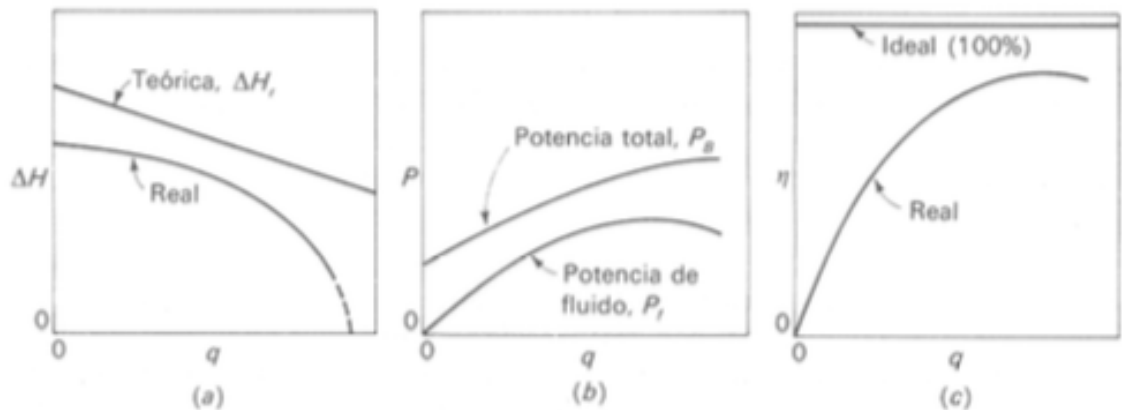
El líquido que sale periféricamente del rodete se recoge en una carcasa en espiral, llamada voluta, y sale de la bomba a través de una conducción tangencial de descarga. Es importante mencionar que en la voluta, la carga de velocidad del líquido procedente del rodete, se convierte en carga de presión (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Las bombas centrífugas generan flujos volumétricos virtualmente constantes, y constituyen en la práctica, el tipo más corriente de aparatos de bombeo (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

b. Curvas características

Las representaciones gráficas de la carga real, el consumo total de potencia y el rendimiento frente a la velocidad volumétrica de flujo (caudal), reciben el nombre de “Curvas características” de una bomba. Estas curvas se representan esquemáticamente en la siguiente figura (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Figura 16. Curvas características de una bomba centrífuga: (a) carga-capacidad; (b) potencia; (c) rendimiento.



(McCabe, Smith y Harriot, 2007).

c. Carga-capacidad

En la Figura 16 (a), la relación entre la carga teórica y la velocidad de flujo es una línea recta. La carga real desarrollada es considerablemente menor, no es recta, y cae bruscamente hacia cero conforme el caudal aumenta hasta un cierto valor en cualquier bomba dada (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

A lo anterior, se le conoce como “Velocidad de flujo a carga cero”, y representa el flujo máximo que puede producir la bomba en cualquier condición. La velocidad de flujo óptima de operación es menor a esta (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

d. Curvas de potencia

En la Figura 16 (b), se presentan curvas típicas de la potencia de fluido P_f y la potencia total P_B frente a la velocidad de flujo (caudal) (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

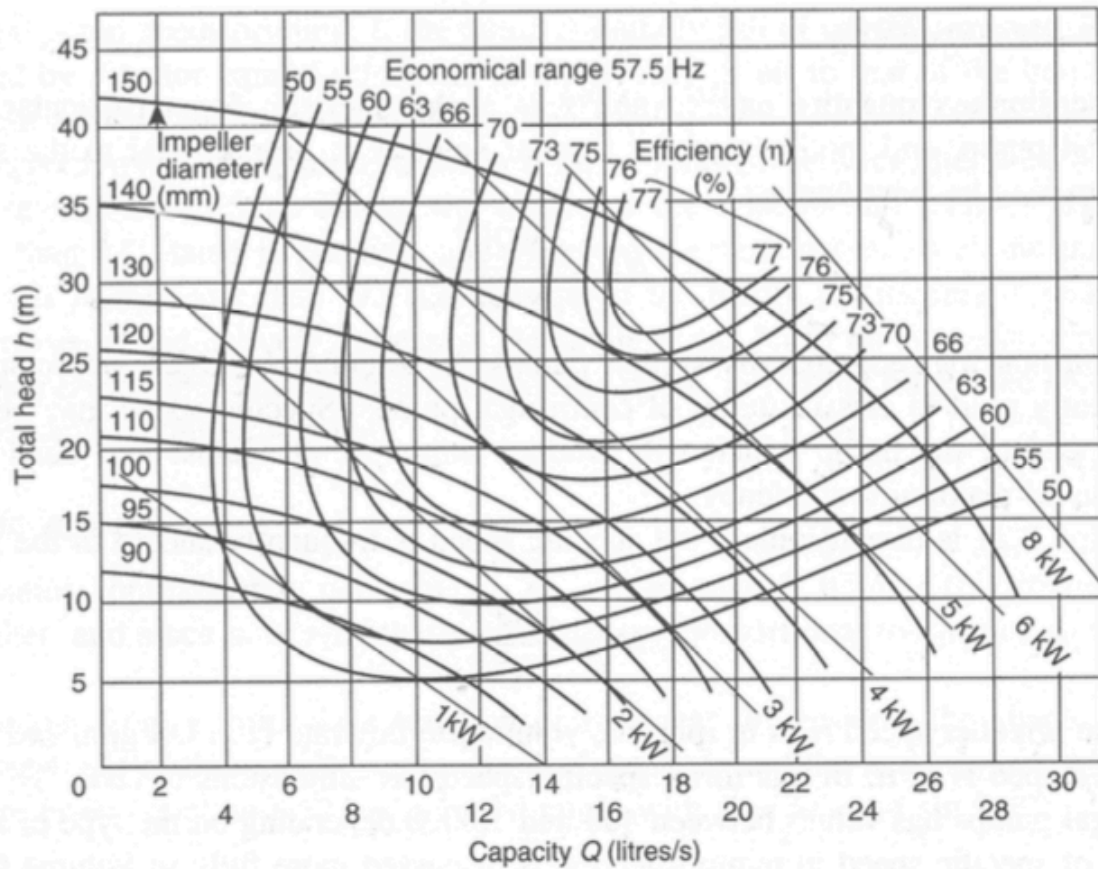
La diferencia entre el funcionamiento ideal y el real, representa la pérdida de potencia en la bomba, que se debe a la fricción del fluido y las pérdidas de choque, con conversión de energía mecánica en calor, y pérdidas por fugas, fricción de disco y en los cojinetes (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

e. Rendimiento

El rendimiento de una bomba es la relación entre la potencia comunicada al fluido y la entrada total de potencia. La curva de la Figura 16 (C), derivada de las curvas de la Figura 16 (b), demuestra que el rendimiento disminuye rápidamente con la velocidad de flujo para bajas velocidades; alcanza un máximo en la región de la capacidad especificada de la bomba, y disminuye después a medida que la velocidad de flujo se aproxima al valor de carga cero (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Es importante mencionar que en la literatura, también se puede encontrar figuras en las que se combinan las tres gráficas anteriores en una sola (McCabe, Smith y Harriot, 2007).

Figura 17. Curvas características para bombas centrífugas.



(McCabe, Smith y Harriot, 2007).

M. Cálculo y análisis de rentabilidad

La medición de la rentabilidad económica de un proyecto no es fácil por las dificultades que existen para pronosticar el comportamiento de todas las variables que condicionan su resultado. Debido a lo anterior, lo más común es explicar que lo que se evalúa es uno, quizás el más probable, de los escenarios que podría enfrentar un proyecto. El cálculo de la rentabilidad de cada uno de los escenarios es una de las tareas más simples, fáciles y certeras del trabajo del evaluador.

1. Tasa interna de retorno

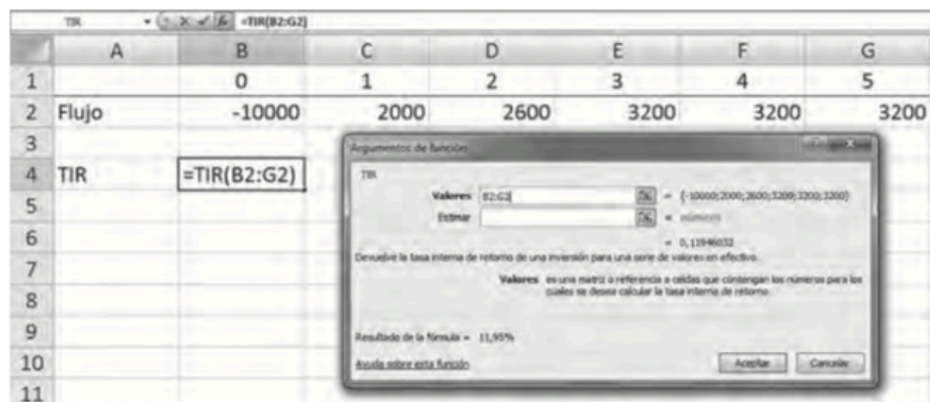
La tasa interna de retorno (TIR), mide la rentabilidad como porcentaje. La máxima tasa exigible será aquella que haga que el VAN sea 0 (Sapag, 2011).

La TIR tiene cada vez menos aceptación como criterio de evaluación, por cuatro razones principales:

- Entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN. Es decir, que si el VAN es 0, se gana exactamente lo que se quería ganar, por lo que la TIR es igual a la tasa de descuento. Si el VAN es positivo, la TIR es mayor que la tasa de descuento, por cuanto se gana más de lo exigido. Y si el VAN es negativo, la TIR es menor que la tasa de descuento exigida al proyecto (Sapag, 2011).
- No sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada (Sapag, 2011).
- Cuando hay cambios de signos en el flujo de caja, por ejemplo, por una alta inversión durante la operación, pueden encontrarse tantas TIR como cambios de signo se observen en el flujo de caja (Sapag, 2011).
- No sirve en los proyectos de desinversión, ya que la TIR muestra la tasa que hace equivalentes los flujos actualizados negativos con los positivos, sin discriminar cuál es de costo y cuál es de beneficio para el inversionista, por lo que siempre es positiva (Sapag, 2011).

La TIR se puede calcular en una planilla electrónica, como Excel, donde se hace uso de la opción “Insertar función”, del menú “Fórmulas”, se selecciona “Financieras” en la “Categoría de la función” y se elige “TIR” en el “Nombre de la función”. En el cuadro “TIR” se selecciona el rango de valores que se desea actualizar, a partir del momento 0, y marcando la opción “Aceptar”, se obtiene la TIR (Sapag, 2011).

Figura 18. Cuadro de diálogo para el cálculo de la TIR con Excel.



(Sapag, 2011).

N. Errores aleatorios en el análisis químico

Los errores aleatorios nunca son eliminados completamente y comúnmente son la mayor fuente de incertidumbre en una determinación. Los errores aleatorios son provocados por diversas variables incontrolables que acompañan a cada medición. Aunque se identifiquen las fuentes de errores aleatorios, sería imposible medirlos, debido a que la mayoría de ellos son tan pequeños que no pueden ser detectados

individualmente. No obstante, el efecto acumulado de las incertidumbres individuales, causa que las repeticiones varíen aleatoriamente alrededor de la media del conjunto (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

1. Tratamiento estadístico

a. Media

Es la medida de posición central que se calcula al resumir los valores de datos y dividir entre el número de observaciones.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (\text{ec. 23})$$

Donde:

\bar{x} = Media.

n = Número de observaciones.

x_i = i ésima observación de la variable x .

(Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

b. Desviación estándar

La desviación estándar de la muestra, s , está definida por la ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (\text{ec. 24})$$

Donde:

$(x_i - \bar{x})$ = Desviación del valor x_i de la media \bar{x} .

$N - 1$ = Número de grados de libertad.

(Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

2. Desviación estándar de los resultados calculados

Con frecuencia, se estima la desviación estándar de un resultado que ha sido calculado a partir de dos o más datos experimentales, cada uno de los cuales posee una desviación estándar muestral conocida. En el siguiente cuadro, se muestra la forma en la que dichos estimados son obtenidos dependiendo del tipo de cálculos que se estén realizando (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

Cuadro 2. Propagaciones del error en cálculos aritméticos.

Tipo de cálculo	Ejemplo	Desviación estándar de y
Suma o diferencia	$y = a + b - c$	$s_y = \sqrt{s_a^2 + s_b^2 + s_c^2}$ (ec. 25)
Multiplicación o división	$y = a \times bc$	$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{s_c}{c}\right)^2}$ (ec. 26)

Donde:

a, b, c = Variables experimentales.

s_a, s_b, s_c = Incertidumbres.

$s_y, \frac{s_y}{y}$ = Propagaciones de error.

(Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

VI. ANTECEDENTES

Dado al crecimiento desordenado de las ciudades, varias actividades antrópicas, principalmente industriales, han consumido recursos naturales y generado residuos que contienen metales peligrosos y tóxicos que afectan intensamente al medio ambiente. Estos elementos pueden acumularse en los organismos y ser transferidos a través de la cadena alimentaria, llegando al hombre a través de los alimentos que consume.

Debido a lo anterior, a parte de evitar que nuevos contaminantes entren en contacto con el medio ambiente, se considera necesario desarrollar nuevas tecnologías para recuperar recursos ya dañados. Para ser viables, estos deben tener un bajo costo operativo y eficiencia en la capacidad de eliminar contaminantes. Es por ello que el estudio de la biomasa residual como biosorbente ha despertado gran interés en los últimos años. Se trata de un material natural prácticamente económico, abundante y con capacidad de adsorción de metales y compuestos orgánicos (Cruz, 2013).

Investigaciones recientes, llevadas a cabo por diferentes profesionales, demuestran que algunos residuos agrícolas pueden ser descontaminantes efectivos del agua. Entre estas investigaciones, se encuentra la de la Doctora en Ciencias Químicas Milena Boniolo, a quien se le atribuye el descubrimiento del uso de residuos de cáscaras de banano para la remoción efectiva de uranio presente en el agua. Lo que inició como una investigación casera, luego se presentó como tesis en el Instituto para la Energía y la Investigación Nuclear (IPE), proporcionándole así a Boniolo el Premio Joven Científico en el 2011. Las conclusiones de su investigación, dieron lugar a la posibilidad de emplear esta biomasa para la descontaminación de metales pesados en aguas contaminadas. Por su parte, en el 2018, la Ingeniera Química Alma Verónica García, docente investigadora de la Escuela de Ingeniería Química en El Salvador, manifestó que la bioresina obtenida de cáscara de banano, a la cual se le redujo su tamaño de partícula promedio, sigue siendo efectiva para disminuir la concentración de metales pesados en agua contaminada. Además, que el pseudotallo de mata de banano también mostró tener capacidades adsorbentes que permitieron capturar cromo, hierro y níquel de la muestra de agua; así como también, disminuyó el color provocado por el proceso de adsorción con la bioresina de cáscara de banano (Cruz, 2013).

Las investigaciones mencionadas, han demostrado que la cáscara de banano es una abundante biomasa residual que se ha convertido en una alternativa de bajo costo a los tratamientos convencionales de aguas residuales. Además, respeta el desarrollo sostenible ya que su uso como biosorbente también reduce el impacto ambiental que ocasiona en los lugares donde se deposita en grandes cantidades.

VII. MATERIALES Y EQUIPOS

- $0.00002m^3$ (20mL) de ácido nítrico.
- $0.00006kg$ (0.06393822g) de Nitrato de Plomo.
- 1 Espátula.
- 1 Balanza analítica.
- 2 Balones aforados de $0.001m^3$ (1000mL).
- 1 Pipeta graduada de $0.000003m^3$ (3mL).
- 1 Bulbo de succión.
- 1 Pipeta graduada de $0.000025m^3$ (25mL).
- 6 Balones aforados de $0.000025m^3$ (25mL).
- Papel aluminio.
- Masking tape.
- 1 Balanza de humedad.
- 1 Horno.
- 1 Licuadora.
- 1 Tamizador tipo shaker.
- 1 Potenciómetro.
- 1 Solución Buffer pH 7.
- 1 Beaker de $0.00005m^3$ (50mL).
- 1 Pipeta de $0.00002m^3$ (20mL).
- 1 Probeta de $0.00005m^3$ (50mL).
- 69 Frascos de $0.00003m^3$ (30mL).
- 1 Regla.
- 1 Cronómetro.
- 1 Termómetro.
- 1 Espectrofotómetro UV/VIS.
- 1 Espectrofotómetro de absorción atómica (llama).
- 1 Rollo de teflón de $\frac{1}{2}$ de pulgada.
- 1 Viscosímetro marca CANNON-Instrument Company-.

VIII. METODOLOGÍA

Elaboración de muestras de agua

Solución Madre $0.001m^3$ (1L) con agua destilada:

1. Se pesó $0.000032kg$ ($0.03196911g$) de nitrato de plomo en la balanza analítica.
2. Se colocó esta cantidad de nitrato de plomo en un balón aforado de $0.001m^3$ (1L).
3. Se le agregó agua destilada hasta llegar a la marca del balón aforado.
4. Se añadió $0.000003m^3$ (3mL) de ácido nítrico con ayuda de una pipeta graduada de $0.000003m^3$ (3mL).
5. Se tapó el balón aforado.
6. Se agitó la solución gentilmente.
 - a. Se posicionó el matraz en el antebrazo.
7. Se almacenó en refrigeración.

Nota: Se prepararon $0.002m^3$ (2L) de solución madre.

Curva de calibración

1. Se colocó un pipeteador a una pipeta graduada de $0.00025m^3$ (25mL).
2. Se pipeteó $0.00025m^3$ (25mL) de la solución madre y se transfirió a un balón aforado de $0.00025m^3$ (25mL).
 - a. Se rotuló como “Estándar 1”.
 - b. Se envolvió en papel aluminio y se refrigerará.
3. Del balón aforado “Estándar 1”, se pipeteó $0.000225m^3$ (22.5mL) de la solución y se le agregó $0.0000025m^3$ (2.5mL) de agua destilada.
4. Se tapó el balón aforado.
 - a. Se agitó gentilmente como se hizo en el apartado anterior.
 - b. Se rotuló como “Estándar 2”.
 - c. Se envolvió en papel aluminio y se refrigeró.
5. Del balón aforado “Estándar 2”, se pipeteó $0.00001944m^3$ (19.44mL) de la solución y se le agregó $0.00000556m^3$ (5.56mL) de agua destilada.
6. Se tapó el balón aforado.
 - a. Se agitó gentilmente como se hizo en el apartado anterior.

- b. Se rotuló como “Estándar 3”.
 - c. Se envolvió en papel aluminio y se refrigeró.
- 7. Del balón aforado “Estándar 3”, se pipeteó $0.00002143m^3$ (21.43mL) de la solución y se le agregó $0.00000357m^3$ (3.57mL) de agua destilada.
- 8. Se tapó el balón aforado.
 - a. Se agitó gentilmente como se hizo en el apartado anterior.
 - b. Se rotuló como “Estándar 4”.
 - c. Se envolvió en papel aluminio y se refrigeró.
- 9. Del balón aforado “Estándar 4”, se pipeteó $0.00001667m^3$ (16.67mL) de la solución y se le agregó $0.00000833m^3$ (8.33mL) de agua destilada.
- 10. Se tapó el balón aforado.
 - a. Se agitó gentilmente como se hizo en el apartado anterior.
 - b. Se rotuló como “Estándar 5”.
 - c. Se envolvió en papel aluminio y se refrigeró.
- 11. Del balón aforado “Estándar 5”, se pipeteó $0.00000625m^3$ (6.25mL) de la solución y se le agregó $0.00001875m^3$ (18.75mL) de agua destilada.
- 12. Se tapó el balón aforado.
 - a. Se agitó gentilmente como se hizo en el apartado anterior.
 - b. Se rotuló como “Estándar 6”.
 - c. Se envolvió en papel aluminio y se refrigeró.
- 13. A todos los estándares se les midió la absorbancia en el laboratorio de Instrumental Avanzado.
- 14. Una vez hecho esto, se realizó la curva de calibración (Absorbancia en función de la concentración leída por el espectrofotómetro (en ppm)).

Medición de concentración de plomo en estándares y muestras de agua contaminada

En el espectrofotómetro de absorción atómica:

1. Verificar el compresor de aire, el cual debe estar seteado a 220,632pa (32psi).
 - a. Debe estar en automático.
 - b. Girar la palanca hacia abajo para suministrar aire directamente al equipo.
2. La presión a la que entra el acetileno al equipo debe de ser 68,947.6 pa (10psi).
 - a. Cuando marca 482,633 pa (70psi), significa que debe ser cambiado.
3. En la parte izquierda del equipo del espectrofotómetro de llama (compuerta circular), colocar la lámpara de plomo según corresponda el número.
 - a. La lámpara de plomo se debe dejar en calentamiento aproximadamente una hora.
4. Encender el equipo en el botón general y el de la computadora.

5. Abrir el software para trabajar con el equipo.
 - a. Seleccionar la opción “online”.
 - b. Seleccionar las lámparas con las que se van a trabajar (plomo).
 - c. Work Lamp: Plomo.
 - d. Verificar que las corrientes de la lámpara sean las correctas.
 - e. Leer en el equipo la longitud de onda a la que se trabaja con el plomo.
6. Seleccionar la pestaña de muestra.
 - a. Seleccionar la opción de curva de calibración.
 - b. Colocar las unidades con las que se estará trabajando (ppm).
 - c. El nombre del estándar: Plomo.
 - d. Presionar “NEXT”.
 - e. Introducir los datos para la curva de calibración.
 - f. Colocar el número de muestras que se van a analizar.
 - g. Presionar “Finalizar”.
 - h. Tanto el tiempo de integración como el factor de filtro van a variar con respecto al metal que se está analizando.
7. Encender el cilindro de acetileno y el botellón de la presión del aire.
8. Para encender la llama:
 - a. Dirigirse en la computadora a “Flama”.
 - b. Presionar en el botón “Fire”.
9. Para iniciar la medición:
 - a. Presionar el botón de “Medir”.
 - b. Primero medir en “Zero” pues se medirá el valor del agua destilada.
 - c. Leer uno a uno los estándares y revisar la curva de calibración al terminar de leer el último estándar.
 - d. Leer las muestras de agua contaminada.
10. Cerrar la válvula del acetileno al terminar de utilizar el equipo.
11. Una vez obtenidos los análisis de la concentración de plomo para cada muestra

Recolección y tratamiento de cáscaras

1. Se recolectaron las cáscaras de banano.
2. Se sumergieron las cáscaras de banano en una solución de hipoclorito de sodio al 2-5% p/v durante 10 minutos.
3. Se escurrió y se secó el exceso de agua con papel toalla.
4. Se le quitó a las cáscaras los tallos y partes dañadas, podridas o restos del fruto.
5. Se pesó las cáscaras de banano ya limpias en balanza.

6. Se colocaron las cáscaras en bandejas de aluminio y se secaron en horno durante 16h.
 - a. Se colocó una temperatura de secado de 95°C.
 - b. Se sacaron las bandejas de aluminio con las cáscaras cada hora y se pesaron en la balanza.
7. Inmediatamente después del secado, se colocaron todas las cáscaras de banano en la licuadora en la segunda velocidad durante 120 segundos (2 minutos).
 - a. En un recipiente grande se recolectó la bioresina fabricada.
 - b. Se pesó la bioresina fabricada.

Ensayo granulométrico

1. Se colocó todo el material en la parte de arriba del tamizador.
2. Se colocó el juego de tamices en el vibrador mecánico por durante 900 segundos (15 minutos).
3. Se pesaron las porciones retenidas en cada tamizador en balanza analítica.
4. Se escogió el tamiz que tuvo mayor cantidad de resina, considerando que el elegido debía estar entre el de 350-600micrones. En este caso, el que presentó mayor cantidad de bioresina fue el tamiz No. 30.
5. Se calculó el porcentaje retenido parcial para cada tamiz con la ecuación 5 del marco teórico, página 27.
6. Se calculó el porcentaje retenido acumulado para cada tamiz con la ecuación 4 del marco teórico, página 27.
7. Se calculó el porcentaje acumulado que pasa para cada tamiz con la ecuación 6 del marco teórico, página 27.

Caracterización de bioresina

Determinación de pH y solubilidad en agua:

1. Se introdujo el electrodo del potenciómetro en la solución buffer pH 7 hasta que se quedaron constantes los valores.
2. Se pesó 0.002kg (2g) de bioresina en balanza analítica.
3. Se colocó los 0.002kg (2g) de bioresina en un beaker de $0.00005m^3$ (50mL).
4. Se agregó $0.00002m^3$ (20mL) de agua destilada al beaker con la bioresina y se mezcló.
5. Se dejó reposar la mezcla durante 600 segundos (10 minutos).
6. Se introdujo el electrodo del potenciómetro en la solución de agua destilada con bioresina.
 - a. Se midió el pH y se anotó el valor hasta que sea constante.

Nota: Se realizó el mismo procedimiento cinco veces.

7. Se calculó la media y desviación estándar del pH de la bioresina en agua destilada con las ecuaciones 23 y 24 del marco teórico, página 46.

Densidad aparente seca:

1. Se pesó una probeta seca de $0.00005m^3$ (50mL) en balanza analítica.
2. Se llenó la probeta con la bioresina hasta la marca de $0.00001m^3$ (10mL).
3. Se pesó la probeta con la bioresina.
 - a. Se determinó el peso de la bioresina por diferencia de pesos (1 y 3).
4. Se calculó la densidad aparente seca de la bioresina como en el cálculo 8, en anexos, en cálculos de muestra, página 127.

Nota: Se realizó este procedimiento cinco veces.

5. Se calculó la media y desviación estándar de la densidad aparente seca de la bioresina con las ecuaciones 23 y 24 del marco teórico, página 46.

Prueba de expansión de la bioresina:

1. Se llenó con bioresina una probeta de 100mL.
2. Se midió la altura del lecho seco.
3. Se le añadió agua hasta antes de que sobrepasara el lecho.
4. Se midió la altura del lecho mojado.
5. Calcular el porcentaje de expansión de la bioresina con la ecuación 14 del marco teórico, página 34.

Realización de sistema para remoción de Plomo II a escala laboratorio

1. Se midió el diámetro de una botella plástica de 3L.
2. A la botella, se le cortó la parte superior.
3. Se colocó en la boquilla teflón de $\frac{1}{2}$ de pulgada para asegurar de que no existiesen fugas.
 - a. Se forró con aproximadamente 5 vueltas.
4. En la boquilla:
 - a. Se pegó una malla de un colador.
 - b. Se colocó una válvula de globo que casara.
5. Se midió la altura de la botella plástica de 3L.
6. Se introdujo unas cuantas piedras pómez de manera que llegaran justo al cuello de la botella.
7. Se introdujo piedra pómez en la botella hasta terminar la parte cóncava hacia arriba de la misma.
8. Se mezcló 0.08kg (80g) de bioresina con 0.328kg (328g) de piedra pómez.
9. Se introdujo a la botella la mezcla de bioresina con la piedra pómez.

10. Se midió la altura del lecho seco.
11. Se calculó la relación de esbeltez de la columna del sistema con la ecuación 13 del marco teórico, página 34.

Escalamiento de sistema natural

1. Se determinó la altura del lecho sin expansión de bioresina por similitud geométrica con la ecuación 7 del marco teórico, página 32.
2. Con la densidad aparente seca, se realizó la conversión de gramos a metro cúbico de bioresina utilizada en la columna del sistema a escala laboratorio. Ver cálculo 14, en anexos, en cálculos de muestra, página 130.
3. Se aplicó una regla de tres, en la que se conocían tres valores y solo existía una incógnita, para establecer el porcentaje que representaba tanto la piedra pómez como la bioresina y el agua a tratar en la columna del sistema a escala laboratorio. Ver cálculo 15, en anexos, en cálculos de muestra, página 131.
4. Se determinó la altura que ocupa la bioresina en la columna del sistema a escala como con la ecuación 12 del marco teórico, página 34.
5. Se calculó la expansión del lecho en la columna del sistema a escala con la ecuación 15 del marco teórico, página 34.
6. Se calculó la altura del lecho hinchado en la columna del sistema a escala con la ecuación 16 del marco teórico, página 35.
6. Se determinó la altura total de la columna del sistema a escala considerando un factor de seguridad del 20% como en el cálculo 19, en anexos, en cálculos de muestra, página 133.
7. Se calculó la relación de esbeltez con la ecuación 13 del marco teórico, página 34.
8. Se calculó el área de la columna del sistema a escala con la ecuación 11 del marco teórico, página 33.
7. Se calculó el volumen de la columna del sistema a escala como en el cálculo 22, en anexos, en cálculos de muestra, página 134.
9. Se calculó el radio de nudillo para el cabezal toriesférico de la columna del sistema a escala con la ecuación 18 del marco teórico, página 36.
10. Se determinó la altura de la parte recta del cabezal toriesférico de la columna del sistema a escala con la ecuación 19 del marco teórico, página 36.

Pruebas de remoción de plomo II a escala laboratorio

Influencia del tiempo de contacto con la bioresina en el porcentaje de remoción de metales pesados en agua contaminada:

1. Se colocó la columna del sistema natural en un soporte universal.
2. Con una regla, se midió el diámetro y altura de la columna del sistema.
3. Se verificó que la válvula de la columna del sistema estuviese completamente cerrada.
4. Con ayuda de una regla, se midió la altura del lecho seco.
5. Se agregó la solución de agua contaminada (Solución madre) hasta que esta llegó a la marca a la cual se llenó de la mezcla bioresina con piedra pómez.
6. Se colocó una probeta de 10mL en la salida de la columna del sistema natural.
7. Luego de 600 segundos (10 minutos), se abrió la válvula de la columna del sistema y se sacaron $0.00001m^3$ (10mL) de agua lentamente.
 - a. Mientras estaba saliendo la muestra de agua, se tomó el tiempo con un cronómetro hasta completar los $0.00001m^3$ (10mL).
 - i. Se realizó en quintuplicado.
8. Se cerró la llave de la columna.
9. Se trasvasó la muestra a un frasco pequeño ámbar.
10. Se tapó el frasco con la muestra, se envolvió en papel aluminio y se refrigeró.
11. Se realizó los pasos 7-10 hasta completar dos horas y 600 segundos (10 minutos); es decir, cada 10 minutos se realizó un muestreo.
 - a. Se rotuló cada muestra.
12. Se midió la altura de la mezcla de bioresina con piedra pome mojada.
13. Se llevó la muestra obtenida al laboratorio Instrumental Avanzado y se midió la concentración de plomo.
14. Se calculó la concentración de adsorbato en la fase sólida en un tiempo determinado (q_t) con la ecuación 2 del marco teórico, página 15.
15. Se calculó el porcentaje de remoción de plomo II en las muestras de agua contaminada con la ecuación 3 del marco teórico, página 15.

Filtración de partículas suspendidas en muestras:

1. Se colocó un embudo en soporte universal.
2. Se colocó un pedazo de manta cruda sobre el embudo.
3. Se colocó la probeta debajo de la salida del embudo.
4. Se agregó la muestra que se deseaba filtrar en el embudo junto con la manta cruda.

Nota: Se realizó el mismo procedimiento pero con tiempos de contacto de una hora y luego de cada once horas.

Tratamiento para soluciones y resina con nitrato de plomo

1. Para el caso de la solución de nitrato de plomo sin utilizar y las muestras de la adsorción, colocar los residuos en el recipiente destinado a soluciones tóxicas.
2. La resina que se utilizó en la columna del sistema, depositarla en el recipiente destinado a residuos tóxicos.

Efecto del tiempo de contacto entre la solución de Plomo (II) y la bioresina de cáscara de banano

1. Se graficó la media de la concentración final de cada muestra obtenida en las primeras dos horas de operación en función del tiempo de contacto (Ver Figura 30, en anexos, en datos calculados, página 189).
2. Con el objetivo de observar la variación de la adsorción con el tiempo de una solución de Plomo (II), se graficó la concentración de adsorbato de cada muestra obtenida en las primeras dos horas de operación en función del tiempo de contacto (Ver Figura 31, en anexos, en datos calculados, página 190).

Curvas de ruptura

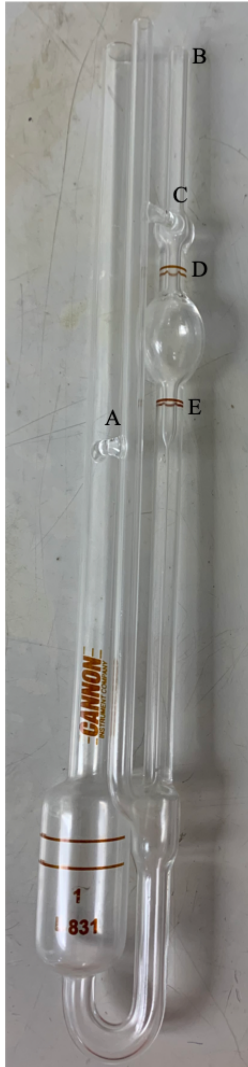
1. Se realizó una gráfica con la media de las concentraciones, para cada muestra obtenida, en función del tiempo de contacto (Ver Figura 26, en anexos, en datos calculados, página 185).
2. Con el objetivo de observar el comportamiento de la remoción de plomo al principio de la operación, se realizó una gráfica con la media de las concentraciones de cada muestra obtenida en las primeras cuatro horas de operación, en función del tiempo de contacto (Ver Figura 27, en anexos, en datos calculados, página 186).
3. Con el objetivo de observar el comportamiento de la remoción de plomo al final de la operación, se realizó una gráfica con la media de las concentraciones de cada muestra obtenida en las considerando solo los tiempos de contacto a partir de las cuatro horas en adelante de operación, en función del tiempo de contacto (Ver Figura 28, en anexos, en datos calculados, página 187).
4. Finalmente, se realizó una curva de ruptura del agua contaminada con 20ppm de Plomo II, considerando solo los tiempos de contacto de la primera hora y los de cada once horas de operación (Ver Figura 29, en anexos, en datos calculados, página 188).

Medición de la viscosidad del fluido que sale de la columna del sistema

1. Se llenó de agua destilada el viscosímetro hasta la marca “A”.
2. Se colocó el pipeteador en la parte “B” del viscosímetro, y se succionó el agua destilada hasta la marca “C”.
3. Se quitó el pipeteador y se tapó con el dedo la parte “B” del viscosímetro.
4. Se quitó el dedo y se esperó a que el agua bajara hasta la marca “D”.
5. Con un cronómetro, se tomó el tiempo que tardaba al agua bajar desde la marca “D” a la marca “E”.

Nota: Ver Figura 19, que se encuentra en la sección de metodología, página 58.

Figura 19. Viscosímetro marca CANNON-Instrument Company.-



Dimensionamiento de tuberías y bombas

1. Se realizó un pronóstico de las velocidades nominales para las densidades de 1600 kg/m^3 y 800 kg/m^3 que se encuentran en la Figura 13 del marco teórico, página 38.
2. Conociendo el caudal y la velocidad nominal del fluido, se calculó el área nominal de la tubería (Ver cálculo 26, en anexos, en cálculos de muestra, página 136).
3. Al considerar el área de la tubería como un círculo, se calculó el diámetro de la tubería como en el cálculo 27, en anexos, en cálculos de muestra, página 137.
4. Se calculó el radio nominal de la tubería como en el cálculo 28, en anexos, en cálculos de muestra, página 137.
5. Se ubicó el diámetro nominal en la Figura 126, en anexos, en información adicional, página 298; y se determinó el diámetro interno real, el diámetro exterior y el tamaño de la tubería. Considerar que el diámetro debe estar en pulgadas para poderlo encontrar en la figura.
6. Con el diámetro interior real, se calculó el área real de la tubería como en el cálculo 29, en anexos, en cálculos de muestra, página 138.
7. Con el caudal y el área real, se calculó la velocidad real del agua dentro de la tubería como en el cálculo 30, en anexos, en cálculo de muestra, página 138.
8. Se calculó el número de Reynolds con la ecuación 21 del marco teórico, página 39.
9. Se calculó la rugosidad relativa en la tubería como en el cálculo 32, en anexos, en cálculos de muestra, página 139.
10. Se determinó el factor de fricción de fanning con la Figura 127, en anexos, en información adicional, página 299.
11. Se estableció el tipo y cantidad de accesorios propuestos en el sistema (Ver Cuadros 124 y 128, en anexos, en datos calculados, en las páginas 211 y 212, respectivamente).
12. Se calculó el largo asociado de accesorios como en el cálculo 33, en anexos, en cálculos de muestra, página 140.
13. Se calculó el largo total de la tubería como el cálculo 34, en anexos, en cálculos de muestra, página 140.
14. Se calculó la caída de presión en la tubería con la ecuación 20 del marco teórico, página 39.
15. Se determinó la cabeza dinámica para la bomba como en el cálculo 36, en anexos, en cálculos de muestra, página 141.
16. Se determinó la cabeza estática para la bomba como en el cálculo 37, en anexos, en cálculos de muestra, página 142.
17. Se calculó la cabeza total de la bomba como en el cálculo 38, en anexos, en cálculos de muestra, página 143.
18. Se determinó la potencia y la eficiencia de las bombas mediante las curvas características que se encuentran en las Figuras 128 y 129, en anexos, en información adicional, en las páginas 300 y 301.

19. Se realizó un índice de los equipos y accesorios que tendría el diagrama de flujo del escalamiento del sistema (Ver Figura 32, en anexos, en cálculos de muestra, página 205).
20. Se realizó un índice del control e instrumentación que tendría el diagrama de flujo del escalamiento del sistema (Ver Figura 33, en anexos, en cálculos de muestra, página 206).
21. Se realizó un diagrama en vista planta del escalamiento del sistema (Ver Figura 34, en anexos, en cálculos de muestra, página 207).
22. Se realizó un diagrama con las medidas del escalamiento del sistema (Ver Figura 35, en anexos, en cálculos de muestra, página 208).
23. Se realizó un diagrama en 3D del escalamiento del sistema (Ver Figura 36, en anexos, en cálculos de muestra, página 209).
24. Se realizó una ficha técnica del escalamiento del sistema (Ver Figura 37, en anexos, en cálculos de muestra, página 210).

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

1. Se realizó la propuesta de los equipos necesarios para la fabricación de la bioresina en presentación de 25kg (Ver Figura 38, en anexos, en datos calculados, página 212).
2. Se determinó la capacidad necesaria para cada equipo de acuerdo al balance de masa que se encuentra en la Figura 38, en anexos, en datos calculados, página 212.
 - a. Es importante mencionar que para el caso del secador, se tomó en consideración que se removía el 82.43% en agua del peso inicial (Ver Figura 38, en anexos, en datos calculados, página 212).
3. Se determinó el costo de los equipos mediante el uso de la Figura 136, en anexos, en información adicional, página 308; con SuperPro Designer y cotizando.
 - a. Se hizo uso de una plantilla en Excel tal y como se muestra en la Figura 39, en anexos, en datos calculados, página 213.
4. Se determinó el costo de instalación, tubería, electricidad, instrumentación, entre otros, mediante el uso de la Figura 137, en anexos, en información adicional, página 309.
 - a. Se hizo uso de una plantilla en Excel tal y como se muestra en la Figura 39, en anexos, en datos calculados, páginas 213 y 214.
5. Se calculó la inversión total de equipos.
 - a. Se hizo uso de una plantilla en Excel tal y como se muestra en la Figura 39, en anexos, en datos calculados, páginas 213 y 214.
6. Se estableció el tamaño que debería de tener el terreno. Para ello, se investigó el tamaño que tenían los equipos (Ver Figuras 130 a 135, en anexos, en información adicional, páginas 302 a 307), y se hizo una aproximación de las dimensiones que debían tener las oficinas, vestidores, baños, entre otros.

- a. Se hizo uso de una plantilla en Excel tal y como se muestra en la Figura 40, en anexos, en datos calculados, páginas 215 y 216.
7. Se estimó el costo total de construcción, terreno y paredes.
 - a. La tabla con los costos de construcción por metro cuadrado se ubican en la Figura 40, en anexos, en datos calculados, páginas 215 y 216.
8. Se calculó la inversión total, donde solo se consideró los equipos, equipos auxiliares y el costo de construcción (Ver Figura 41, en anexos, en datos calculados, página 216).
9. Se estableció que tanto operarios como personal administrativo trabajarían ocho horas durante cinco días a la semana al año. Para este cálculo, se hizo uso de una plantilla en Excel (Ver Figura 32 y 33, en anexos, en datos calculados, página 205 y 206).
10. Se estableció los salarios anuales tanto de operarios como del personal administrativo. Para el caso de los salarios, se hizo una investigación previa de cuánto debería de ganar cada trabajador según su puesto (Ver Figura 32 y 33, en anexos, en datos calculados, página 205 y 206).
11. Se calculó los sueldos de costos variables, los cuales hacen referencia a los operarios, y los sueldos de costos fijos, los cuales corresponden al personal administrativo. Para ello, se tomó en consideración el IGGS, IRTRA, INTECAP, BONO 14, entre otros (Ver Figura 44, en anexos, en datos calculados, página 219).
12. Se estimó el costo variable total, tomando en consideración el costo anual de la materia prima y del material de empaque. Es importante mencionar que tanto el costo de la cáscara de banano por quintal, como el del material de empaque, fueron investigados previamente (Ver Figura 45, en anexos, en datos calculados, página 220).
13. Se estimó el costo fijo total, tomando en consideración los sueldos anuales del personal administrativo, el consumo de energía por equipos y gastos de internet, teléfono y publicidad. Para ello se hizo uso de una plantilla en Excel (Ver Figura 46, en anexos, en datos calculados, página 221).
14. Se realizó el flujo de caja, considerando que el horizonte del proyecto fue de diez años, y se estableció un crecimiento en ventas de 5% durante los primeros cinco años. Para ello se hizo uso de una plantilla en Excel (Ver Figura 47, en anexos, en datos calculados, página 222).
 - a. Se estableció el precio de la bioesina en base al precio cotizado para carbón activado en presentación de 25kg (Q.940.00).
15. Se calculó el valor actual neto con la función de Excel “VNA” en una plantilla de Excel (Ver Figura 47, en anexos, en datos calculados, página 222).
16. Se calculó la tasa interna de retorno (TIR) con la función de Excel “TIR” en una plantilla de Excel (Ver Figura 47, en anexos, en datos calculados, página 222).
17. Se determinó el periodo de recuperación con la función de Excel “Pronóstico” en una plantilla de Excel (Ver Figura 47, en anexos, en datos calculados, página 222).

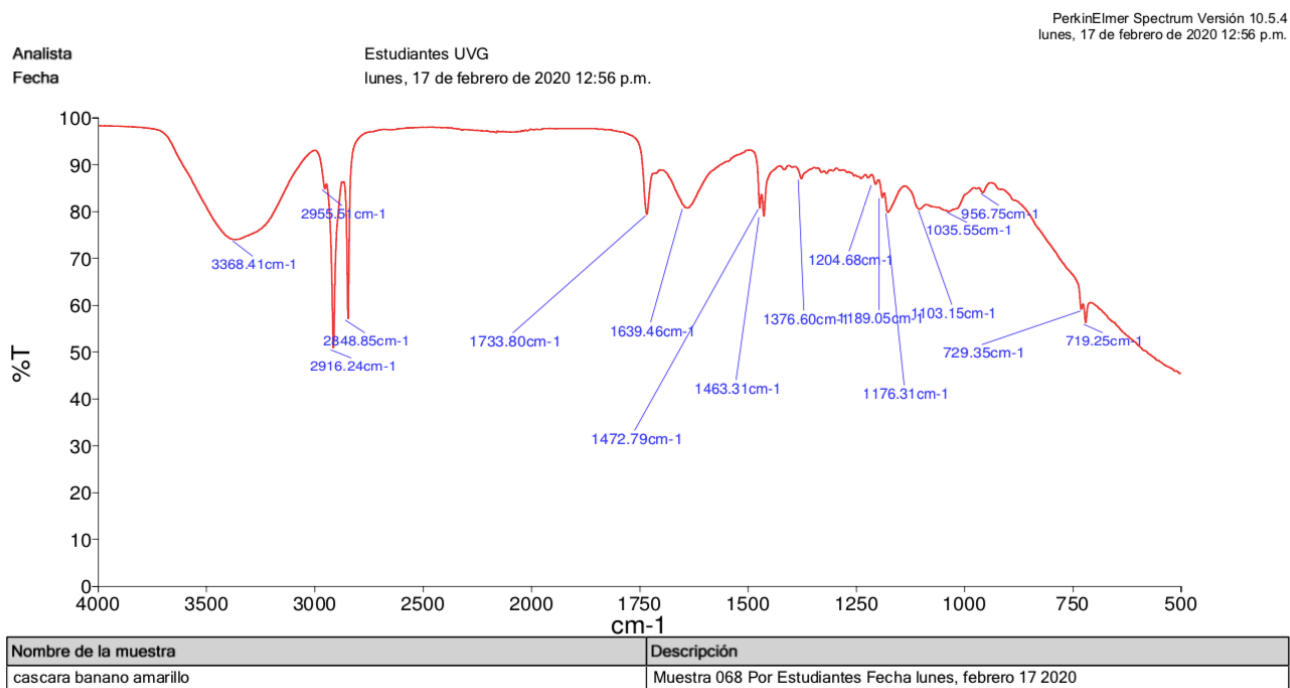
Análisis de error

Para todos los datos obtenidos (solo los que aplicaban pues eran más de uno) se les calculó tanto la media como la desviación estándar. Donde esta última es la propagación de error de la primera.

Para los cálculos tanto de la media como de la desviación estándar, se hizo uso de las ecuaciones 23 y 24 del marco teórico, página 46. Mientras que para la determinación de la propagación de error, ya sea de una suma/resta o de una multiplicación/división, se hizo uso de las ecuaciones 25 y 26 del marco teórico, página 47.

IX. RESULTADOS

Figura 20. Espectrofotometría de infrarrojo de la cáscara de banano maduro empleada para el proceso de adsorción de Plomo II.



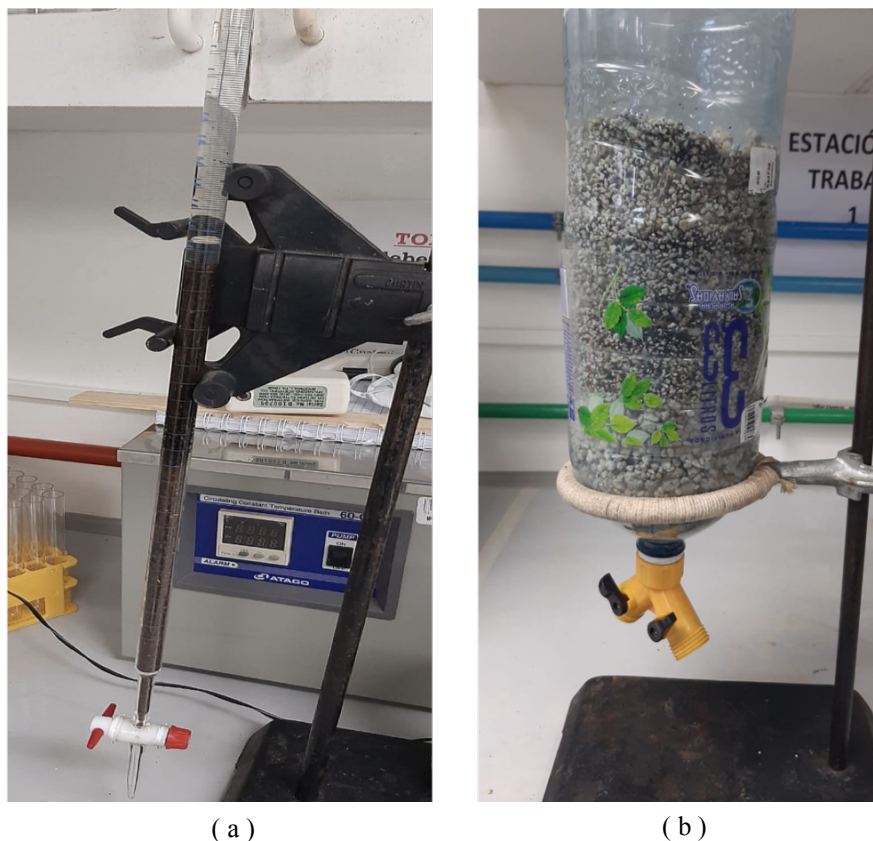
Nota: Para mayor detalle en cuanto a la frecuencia de estiramiento de cada enlace, dirigirse a las Figuras 122 a 125, en anexos, en información adicional, páginas 294 a 297.

Cuadro 3. Enlaces presentes en la Figura 20.

Enlace	Frecuencia de estiramiento (cm^{-1})	
	Teórica	Experimental
(O - H) de alcohol	3300	3368.41
(C - H)	3000	2916.24
(C = O)	1700	1733.80
(C = C)	1660	1639.46

Nota: En este cuadro se encuentran las frecuencias de estiramiento de los enlaces de los grupos funcionales presentes en la cáscara de banano.

Figura 21. Prototipos de sistema natural a escala laboratorio para llevar a cabo las pruebas de remoción de Plomo II.



Nota: La Figura (a) es el primer prototipo del sistema a escala laboratorio, el cual solo utiliza la bioresina fabricada. Mientras que la Figura (b) es el segundo prototipo del sistema a escala laboratorio, el cual utiliza tanto la bioresina fabricada como la piedra pómez.

Cuadro 4. Pesaje de bioresina seca para pruebas de remoción de Plomo II.

Columna	Peso ($\pm 0.000005\text{kg}$)	
	Bioresina	Piedra Pómez
1	0.080000	0.328000

Nota: Se hace mención de “una columna”, debido a que se construyó un único sistema a escala laboratorio con esa cantidad de bioresina y piedra pómez.

Cuadro 5. Medidas de la columna del sistema a escala laboratorio.

Parámetros	Valor ($\pm 0.0005m$)
Diámetro	0.1170
Altura de la columna	0.280
Altura de lecho	0.2280

Nota: Estos valores fueron medidos directamente de la columna del sistema realizado a escala laboratorio. Para el caso de la altura del lecho, se tomó en consideración que debía existir un factor de seguridad del 20%.

Cuadro 6. Volúmenes de los componentes de la columna del sistema tanto a escala laboratorio como su escalamiento con sus respectivas proporciones.

Componentes	Proporciones de componentes (%)	Escala laboratorio	Escalamiento
		Volúmenes (m^3)	
Piedra pómez	37.763 \pm 0.001	0.00065600 \pm 0.000000001	1.3465 \pm 0.0001
Bioresina	7.550 \pm 0.008	0.00013115 \pm 0.00009836	0.2692 \pm 0.0010
Agua a tratar	54.687 \pm 0.001	0.00095000 \pm 0.000000006	1.9500
Capacidad total de la columna del sistema	100.000 \pm 0.008	0.00173715 \pm 0.00009836	3.5657 \pm 0.0001

Nota: El volumen del escalamiento fue de $3.5657m^3 \pm 0.0001m^3$.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 7. Dimensionamiento de la columna del sistema tanto a escala laboratorio como su escalamiento.

Parámetro	Escala laboratorio	Escalamiento
Porcentaje de expansión de bioresina (%)	10.5263 \pm 0.0709	10.5263 \pm 0.0709
Altura de bioresina (m)	0.0122 \pm 0.0075	0.1303 \pm 0.0061
Expansión de bioresina (m)	0.0013 \pm 0.9120	0.0137 \pm 0.6753
Altura del lecho sin expansión de bioresina (m)	0.2280 \pm 0.0005	2.4359 \pm 0.0048
Altura del lecho con expansión de bioresina (m)	0.2293 \pm 0.9120	2.4496 \pm 0.6753
Altura de lecho con factor de seguridad (m)	0.2751 \pm 0.9120	2.9395 \pm 0.6753
Relación de esbeltez (L/D)	2.3516 \pm 0.0331	2.3516 \pm 0.6753
Área de columna (m^2)	0.1226 \pm 0.0046	13.9979 \pm 0.0046
Volumen de columna (m^3)	0.0030 \pm 0.0331	3.6074 \pm 0.6753

Nota: Se consideró un factor del 20% para el escalamiento del sistema natural.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 8. Dimensionamiento de cabezales toriesféricos del tipo ASME FLANGED & DISHED.

Parámetros	Valor (m)
Diámetro	1.2500
Radio de corona	1.2500
Radio de nudillo	0.1250
Espesor	0.0043
Altura de parte recta	0.02305

Nota: Se hizo uso del espesor calculado en una tesis para una columna catiónica de lecho fijo para la potabilización de agua (Agamez, 2014).

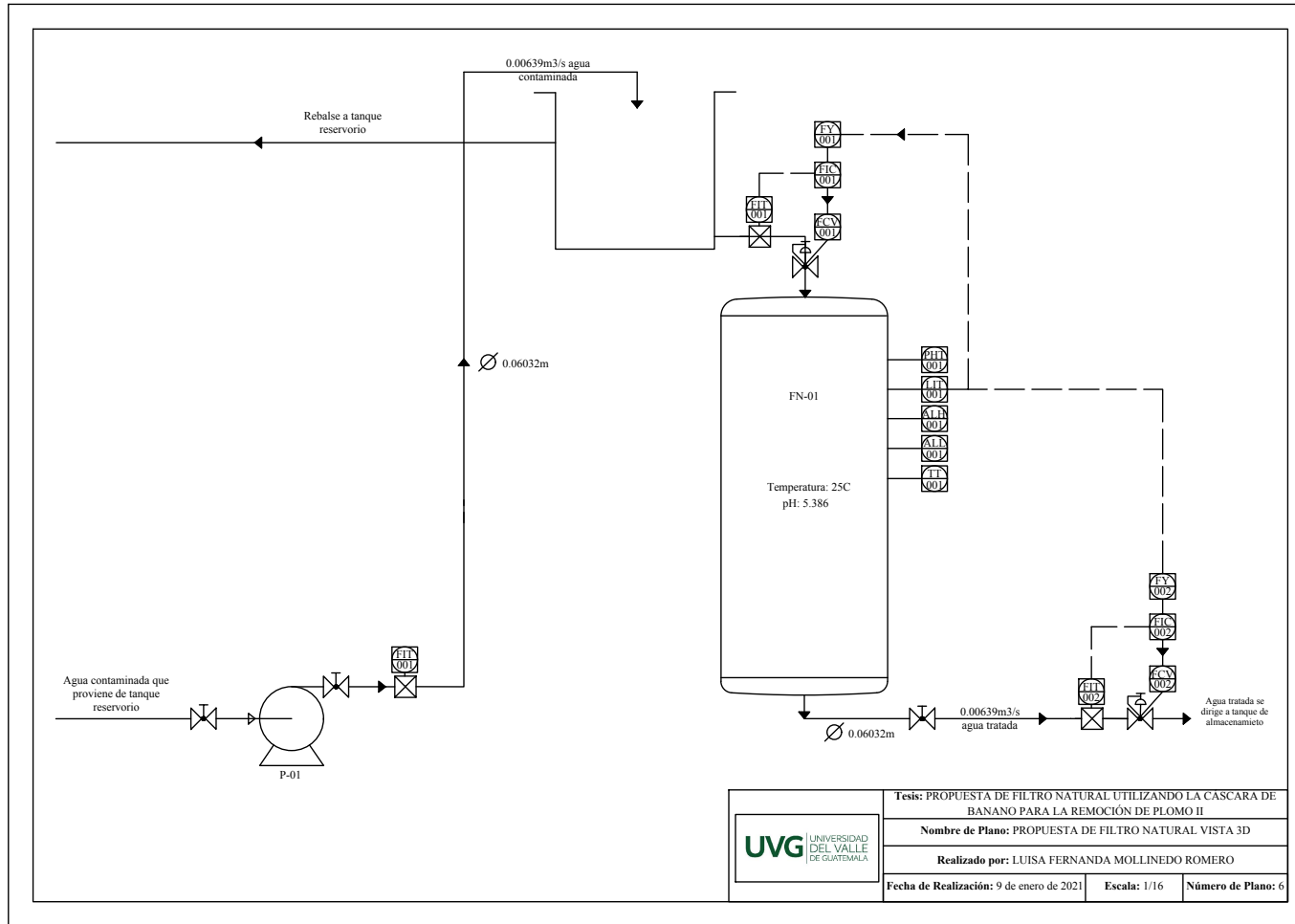
Cuadro 9. Dimensionamiento de tuberías estándar de acero.

Parámetros	Valor
Caudal (m^3/s)	0.00639
Viscosidad ($kg/m * s$)	0.00250 ± 0.00020
Velocidad nominal (m/s)	2.85000
Área nominal (m^2)	0.00224
Radio nominal (m)	0.02671
Diámetro nominal	0.05343 <i>m</i>
	2.10335 <i>in</i>
Diámetro interior real	2.06700 <i>in</i>
	0.05250 <i>m</i>
Diámetro exterior	2.37500 <i>in</i>
	0.06032 <i>m</i>
Tamaño nominal de tubería	2.0000 <i>in</i>
	0.05080 <i>m</i>
Área (m^2)	0.00216
Velocidad real (m/s)	2.95112
Largo (m)	10.00000
Número de Reynolds	62006.95804 ± 0.00020
k	0.00015 <i>ft</i>
	0.00005 <i>m</i>
Rugosidad relativa (k/D)	0.00087
Factor de fricción Fanning	0.00480

Nota: Este dimensionamiento corresponde tanto a la tubería de entrada como de salida del escalamiento de la columna del sistema.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Figura 22. Propuesta de sistema natural.



(Elaboración propia).

Nota: Los detalles del presente diagrama, se pueden ubicar en el anexo, datos calculados, Figuras 32 a 37, páginas 205 a 210.

Cuadro 10. Concentración de adsorbato en la fase sólida respecto a un determinado tiempo y porcentaje de remoción de plomo (II) cada diez minutos.

Tiempo de contacto		Concentración (ppm)		Concentración de adsorbato (mg/g)	Porcentaje de remoción (%)
Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Inicial	Final		
10.0000	600.00	20	0.929 \pm 0.187	0.226 \pm 0.201	95.356 \pm 0.187
20.0000	1200.00		0.800 \pm 0.054	0.228 \pm 0.233	96.000 \pm 0.054
30.0000	1800.00		0.738 \pm 0.068	0.229 \pm 0.253	96.309 \pm 0.068
40.0000	2400.00		0.724 \pm 0.048	0.229 \pm 0.258	96.380 \pm 0.048
50.0000	3000.00		0.720 \pm 0.050	0.229 \pm 0.259	96.399 \pm 0.050
60.0000	3600.00		0.722 \pm 0.072	0.229 \pm 0.259	96.392 \pm 0.072
70.0000	4200.00		0.707 \pm 0.042	0.229 \pm 0.264	96.467 \pm 0.042
80.0000	4800.00		0.664 \pm 0.040	0.230 \pm 0.281	96.682 \pm 0.040
90.0000	5400.00		0.657 \pm 0.023	0.230 \pm 0.284	96.717 \pm 0.023
100.0000	6000.00		0.650 \pm 0.019	0.230 \pm 0.287	96.751 \pm 0.019
110.0000	6600.00		0.626 \pm 0.054	0.230 \pm 0.298	96.869 \pm 0.054
120.0000	7200.00		0.616 \pm 0.123	0.230 \pm 0.303	96.920 \pm 0.123
130.0000	7800.00		0.559 \pm 0.009	0.231 \pm 0.334	97.203 \pm 0.009
140.0000	8400.00		1.556 \pm 0.685	0.219 \pm 0.440	92.221 \pm 0.685
150.0000	9000.00		2.613 \pm 0.317	0.206 \pm 0.262	86.936 \pm 0.317
160.0000	9600.00		2.258 \pm 0.537	0.211 \pm 0.303	88.712 \pm 0.537
170.0000	10200.00		2.039 \pm 0.064	0.213 \pm 0.336	89.807 \pm 0.064
180.0000	10800.00		1.792 \pm 0.110	0.216 \pm 0.382	91.038 \pm 0.110
190.0000	11400.00		1.834 \pm 0.140	0.216 \pm 0.373	90.828 \pm 0.140
200.0000	12000.00		1.991 \pm 0.141	0.214 \pm 0.344	90.046 \pm 0.141
210.0000	12600.00		2.272 \pm 0.067	0.211 \pm 0.301	88.638 \pm 0.067
220.0000	13200.00		2.485 \pm 0.127	0.208 \pm 0.276	87.573 \pm 0.127
230.0000	13800.00		2.831 \pm 0.110	0.204 \pm 0.242	85.845 \pm 0.110
240.0000	14400.00		3.238 \pm 0.090	0.199 \pm 0.211	83.811 \pm 0.090
250.0000	15000.00		3.151 \pm 0.535	0.200 \pm 0.217	84.246 \pm 0.535
260.0000	15600.00		3.505 \pm 0.081	0.196 \pm 0.195	82.476 \pm 0.081

Nota: Pruebas de remoción de plomo II en agua contaminada, cada diez minutos.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 11. Concentración de adsorbato en la fase sólida respecto a un determinado tiempo y porcentaje de remoción de plomo (II) cada hora.

Tiempo de contacto		Concentración (ppm)		Concentración de adsorbato (mg/g)	Porcentaje de remoción (%)
Segundos ($\pm 0.05 \text{seg.}$)	Horas ($\pm 0.00001 \text{horas}$)	Inicial	Final		
19200.00	5.33300	20	1.873 \pm 0.174	0.215 \pm 0.093	90.637 \pm 0.174
22800.00	6.33300		1.950 \pm 0.284	0.214 \pm 0.089	90.252 \pm 0.284
26400.00	7.33300		3.367 \pm 0.314	0.198 \pm 0.052	83.163 \pm 0.314
30000.00	8.33300		3.395 \pm 0.172	0.197 \pm 0.051	83.024 \pm 0.172
33600.00	9.33300		3.423 \pm 0.118	0.197 \pm 0.051	82.883 \pm 0.118
37200.00	10.33300		1.789 \pm 0.166	0.216 \pm 0.097	91.054 \pm 0.166
40800.00	11.33300		2.018 \pm 0.504	0.214 \pm 0.086	89.911 \pm 0.504
44400.00	12.33300		4.278 \pm 0.212	0.187 \pm 0.041	78.610 \pm 0.212
48000.00	13.33300		5.588 \pm 0.193	0.183 \pm 0.038	77.061 \pm 0.193
51600.00	14.33300		5.585 \pm 0.153	0.171 \pm 0.031	72.073 \pm 0.153
55200.00	15.33300		5.874 \pm 0.230	0.167 \pm 0.029	70.132 \pm 0.230

Nota: Pruebas de remoción de plomo II en agua contaminada, cada hora.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 12. Concentración de adsorbato en la fase sólida respecto a un determinado tiempo y porcentaje de remoción de plomo (II) cada once horas.

Tiempo de contacto		Concentración (ppm)		Concentración de adsorbato (mg/g)	Porcentaje de remoción (%)
Segundos ($\pm 0.05 \text{seg.}$)	Horas ($\pm 0.00001 \text{horas}$)	Inicial	Final		
94800.00	26.33300	20	9.303 \pm 0.272	0.127 \pm 0.029	53.485 \pm 0.272
134400.00	37.33300		10.819 \pm 0.180	0.109 \pm 0.025	45.903 \pm 0.180
174000.00	48.33300		12.034 \pm 0.266	0.095 \pm 0.023	39.830 \pm 0.266
213600.00	59.33300		12.623 \pm 0.322	0.088 \pm 0.022	36.883 \pm 0.322
253200.00	70.33300		12.588 \pm 0.214	0.088 \pm 0.022	37.060 \pm 0.214

Nota: Pruebas de remoción de plomo II en agua contaminada, cada once horas.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

X. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Identificación de grupos funcionales presentes en cáscara de banano

Con el objetivo de establecer los grupos funcionales que son responsables de la adsorción de metales pesados en la bioresina de cáscara de banano, se realizó un análisis por espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). Esta técnica se emplea para la identificación de los grupos funcionales superficiales orgánicos, lo cual es fundamental para poder conocer de manera general la estructura química del bioadsorbente.

Como se puede observar en la Figura 20 y en el Cuadro 3 existe una banda ancha e intensa a 3368.41cm^{-1} en la cáscara de banano maduro. Éste pico representa el estiramiento de los grupos hidroxilo ($3500\text{-}2500\text{cm}^{-1}$). Asimismo, en este espectro, también se hace evidente un pico a 2916.24cm^{-1} al cual se le puede atribuir a las vibraciones C-H de estiramiento metilo, grupos metoxi y metileno. Por otro lado, los picos que se encuentran alrededor de 1733.80cm^{-1} corresponden al estiramiento carbonilo C=O, lo cual indica la vibración de los grupos carboxilo de pectina, lignina y hemicelulosa en la biomasa en estudio. La banda que se encuentra en 1639.46cm^{-1} se produce por el estiramiento de C=C como consecuencia de la posible presencia de benceno aromático en la lignina. Mientras que a la sección de picos que tienen un número de onda que va de 600 a 1400cm^{-1} se le llama comúnmente “región de la huella dactilar” del espectro.

Preparación de bioresina, composición y dimensionamiento de columna del sistema a escala laboratorio

La Figura 24, que se encuentra en la página 147, es la curva experimental de la pérdida de peso de la cáscara de banano. Esta se obtuvo a 95°C y en esta se puede apreciar que la cáscara de banano comienza a perder peso desde el inicio de la operación del secado hasta llegar a un punto en donde el peso permaneció constante que fue hasta después de 16 horas, aproximadamente. Al finalizar la operación de secado, se contabilizó que de los $50.289\text{kg}\pm 0.000005\text{kg}$ de cáscara de banano, solo quedaban $6.090\text{kg}\pm 0.000005\text{kg}$; de manera que los 44.199kg corresponden al peso de la humedad total que contenía la biomasa, que fue removida por evaporación (Ver Cuadro 62, en anexos, datos calculados, página 148). Según lo anterior, se puede decir que se obtuvo una reducción en peso de casi el 87.890% , y solo se utilizó el 12.11% del peso inicial de la cáscara de banano.

Por otro lado, se utilizó una licuadora para la reducción de tamaño de la cáscara de banano. Esta operación, se llevó a cabo a una velocidad de II, hasta obtener un tamaño de partícula más o menos homogéneo, lo cual se dio aproximadamente en dos minutos. Una vez hecho esto, se realizó un ensayo granulométrico mediante el tamizador tipo shaker del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, lo cual permitió determinar el porcentaje retenido parcial, acumulado y acumulado que pasa para cada tamiz.

Es importante destacar que, según la bibliografía consultada se recomienda un tamaño de partícula en el rango de 300 a 600 μm , para la reducción eficiente de plomo en las aguas contaminadas. Debido a lo anterior y a que se obtuvo una mayor cantidad de resina en el tamiz no. 30, se trabajó con un diámetro de partícula de 600 μm . Para este, se obtuvo un porcentaje parcial retenido de 17.569787, dicho porcentaje en masa corresponde a la fracción que es retenida en este tamiz. Además, también se determinó que el porcentaje retenido acumulado fue de 40.722496. Este último porcentaje en masa representa a todas las partículas de mayor tamaño que los 600 μm , las cuales en este caso corresponden solo al tamiz no. 20. Y finalmente, también se obtuvo que el porcentaje retenido acumulado que pasa fue de 59.277504, este dato representa a todas las partículas de menor tamaño que los 600 μm . De lo anterior, se observa que se obtuvo una mayor cantidad de bioresina total para los tamices con diámetro de partícula menores que los 600 μm ; sin embargo, esta cantidad ya no se aprovechó pues estaba fuera del rango recomendado para la adsorción de plomo II, y además, el tamiz no. 45 tan solo retuvo el 2.134647% del total de la bioresina fabricada (6.090kg) (Ver Cuadro 63 en anexos, datos calculados, página 148).

Las caracterizaciones ejecutadas en el laboratorio tienen como objetivo establecer algunos parámetros físico-químicos de la bioresina, tales como: densidad aparente seca, potencial de hidrógeno, expansión y solubilidad en agua para que, de esta manera, se pueda estudiar el comportamiento de la bioresina en el medio que se va a trabajar.

Las resinas de intercambio iónico son materiales macromoleculares insolubles en agua. Para este parámetro de solubilidad, con el experimento a escala laboratorio que se realizó a temperatura ambiente, se comprobó que la bioresina es insoluble en agua. En el caso del pH, se puede decir que se trata de una bioresina de carácter ácido pues la media del pH en el agua dio como resultado 5.386 ± 0.034 (ver Cuadro 65 en anexos, en datos calculados, página 149). Como se puede observar, la desviación estándar es pequeña; de manera que no existió mayor variación en los datos medidos. Además, cabe destacar que este pH, ligeramente ácido, favorece al proceso de bioadsorción, puesto que la solución está protonada y la cáscara de banano tiende a adsorber una mayor concentración de metales pesados (Castro, 2015).

Para la determinación de la densidad aparente seca, se obtuvo una media 610.000000 kg/m^3 (Ver Cuadro 66 en anexos, en datos calculados, página 150); la cual es relativamente alta, lo cual está bien, pues la densidad aparente de otras resinas catiónicas sintéticas también es alta, como es el caso de la “Lewatit C249”, misma que posee una densidad aparente de 832 kg/m^3 . En términos físicos, cuando la densidad aparente aumenta, se incrementa la compactación y se da una disminución en el tamaño de poros, lo cual conlleva a un menor hinchamiento (Blanco, 2009).

Otro parámetro importante de evaluación es la expansión que puede llegar a tener la bioresina. Para esto, se realizó una comparación entre la altura de la bioresina seca ($0.085\text{m} \pm 0.0005\text{m}$) y la misma bioresina pero

mojada ($0.095\text{m}\pm 0.0005\text{m}$). Fue a partir de estas alturas que se obtuvo que la bioresina se expandió $10.5263\%\pm 0.0709\%$, porcentaje que deberá ser tomado en consideración tanto para el dimensionamiento de la columna del sistema a escala laboratorio como su escalamiento (Ver Cuadro 67 en anexos, en datos calculados, página 150).

Para poder llevar a cabo la elaboración del sistema natural a escala laboratorio, primero se intentó colocar 0.02kg (20g) de bioresina en una columna cromatográfica de 0.000001m^3 (100mL) y luego de que esta estuviese acomodada, se le agregó una cantidad conocida de agua. Sin embargo, el agua no logró pasar a través del lecho como se puede ver en la Figura 21 (a); lo cual se debe a que se trata de un medio adsorbente demasiado fino que posee un pequeño tamaño de poro y el área de la columna era muy pequeño. Debido a lo anterior, se decidió fabricar un nuevo sistema el cual estaría conformado por una botella de agua Salvavidas de 0.003m^3 (3L). A dicha botella se le agregó una malla en la boquilla y se le colocó una válvula en la misma. Una vez hecho esto, se estableció la cantidad de solución madre que se requería para llevar a cabo la remoción de Plomo II en muestras de 0.00001m^3 (10mL) en quintuplicado durante un lapso de dos horas y diez minutos. Luego, ya se pudo llenar la columna del sistema con una mezcla de $0.08\text{kg}\pm 0.000005\text{kg}$ (80g) de bioresina y $0.328\text{kg}\pm 0.000005\text{kg}$ (328g) de piedra pómez (Ver Cuadro 4), asegurándose de que la solución quedara justo por encima de la altura del lecho (ver Figura 21 (b)). En esta ocasión, se utilizó piedra pómez con el objetivo de que esta diera lugar a una mejor distribución de la bioresina y no se formara una torta de la misma que impidiera que el agua fluyera libremente a través del lecho. Sin embargo, se recomienda que para futuros trabajos de investigación se estudie si existe alguna posibilidad de que la piedra pómez tenga la capacidad de adsorber metales pesados, en este caso Plomo II.

En el Cuadro 6, se observa que la columna del sistema a escala laboratorio, estaba conformado por $37.763\%\pm 0.001\%$ de piedra pómez, $7.550\%\pm 0.008\%$ de bioresina y $54.687\%\pm 0.001\%$ de agua contaminada. En este caso, la altura medida del lecho seco, conformado por la bioresina y piedra pómez, fue de $0.2280\text{m}\pm 0.0005\text{m}$ (Ver Cuadro 7). No obstante, es importante considerar que al mojar la bioresina, esta se expande $10.5263\%\pm 0.0709\%$. De manera que para establecer la altura que tendría esta expansión, primero fue necesario determinar la altura seca que tenía la bioresina dentro de la columna del sistema a escala laboratorio; para ello se tomó en consideración el volumen que se usó de bioresina y que la forma que tenía en la columna del sistema era la de un cilindro. Dicho esto, se obtuvo que la bioresina seca tenía una altura de $0.0122\text{m}\pm 0.0075\text{m}$ y cuando esta se moja, se expandió $0.0013\text{m}\pm 0.9120\text{m}$. Según esto, se puede decir que la altura del lecho mojado fue de $0.2293\text{m}\pm 0.9120\text{m}$ (Ver Cuadro 7). Para este último dato, la desviación estándar estuvo un poco alta, lo cual podría indicar un mayor grado en la variabilidad en los datos calculados.

Para el dimensionamiento de la columna del sistema se consideró un factor de seguridad del 20%, por lo que la altura de la columna del sistema debía ser la altura del lecho mojado aunado a un 20%, lo cual dio como resultado una altura de $0.2751\text{m}\pm 0.9120\text{m}$. Una vez establecida la altura final de la columna del

sistema, se obtuvo que este tenía un área de $0.1226m^2 \pm 0.0046m^2$ y un volumen de $0.0030m^3 \pm 0.0331m^3$ (Ver Cuadro 7). Como se puede observar, el volumen obtenido es suficiente para almacenar los $0.00173715m^3 \pm 0.00009836m^3$ de los dos componentes del lecho como la cantidad de agua a tratar por corrida. Finalmente, se obtuvo una relación de esbeltez de 2.3516 ± 0.0331 , la cual indica la relación entre la longitud de la columna del sistema y la dimensión de su sección transversal.

Escalamiento de la columna del sistema natural

Para el dimensionamiento de la columna del sistema, se tomó como referencia el diámetro y la cantidad de agua a tratar del MOBICON 2000 CUBE, de la empresa DESOTEC, el cual es un filtro móvil de carbón activado, especialmente desarrollado para el tratamiento y purificación de agua y líquidos (Ver Figura 142 en anexos, en información adicional, página 313). A partir de lo anterior, se estableció que el escalamiento de la columna del sistema tendría un diámetro de 1.25m, y una capacidad de tratar $1.95m^3$ (1,950L) de agua contaminada.

También, se estableció las proporciones de los componentes que tenía la columna del sistema a escala laboratorio, para que a partir de las mismas se pudiera obtener la cantidad necesaria de piedra pómez, bioresina y agua a tratar dentro del escalamiento de la columna del sistema (Ver Cuadro 6). De manera que al mantener las proporciones, se realizó el cálculo correspondiente con el cual se obtuvo que el escalamiento de la columna del sistema debería estar conformada por $1.3465 \pm 0.0001m^3$ de piedra pómez y $0.2692 \pm 0.0010m^3$ de bioresina. Según lo anterior, se puede decir que el escalamiento de la columna del sistema debe tener por lo menos una capacidad total de $3.5657 \pm 0.0001m^3$.

Para poder llevar a cabo el escalamiento de la columna del sistema, se hizo uso de la metodología propuesta por Cuberlo, en la cual se plantea que para el modelo y el prototipo se debe de cumplir: la similitud geométrica, similitud térmica y la similitud cinemática. Teniendo en cuenta lo anterior, se procedió a hacer el cálculo correspondiente para la altura que tendría el lecho seco a escala, la cual fue de $2.4359m \pm 0.0048m$. De igual manera, solo que considerando esta vez la altura de la bioresina a escala laboratorio, se determinó la altura de la bioresina a escala, la cual fue de $0.1303m \pm 0.0061m$. Por consiguiente, como se mencionó en el apartado de composición y dimensionamiento de la columna del sistema a escala laboratorio, se debe de tomar en cuenta la expansión de la bioresina cuando ésta se moja; que en este caso fue de $0.0137m \pm 0.6753m$. A partir de lo anterior, se estableció que la altura del lecho con la expansión de la bioresina fue de $2.4496m \pm 0.6753m$ (Ver Cuadro 7).

Además, al considerar también el factor de seguridad del 20%, se obtuvo que la altura de la columna del sistema total era de $2.9395m \pm 0.6753m$. Una vez establecida la altura que debería tener la columna del sistema, se determinó que este tendría un área de $13.9979m^2 \pm 0.0046m^2$ y un volumen de $3.6074m^3 \pm 0.6753m^3$ (Ver Cuadro 7). Y al igual que en la columna del sistema a escala laboratorio, también

se observa que este último volumen es suficiente para almacenar los $3.5657m^3 \pm 0.0001m^3$ de los dos componentes del lecho como la cantidad de agua a tratar. Por último, se obtuvo una relación de esbeltez de 2.3516 ± 0.6753 , la cual es la misma que para la columna del sistema a escala laboratorio. Según esto, se puede concluir que tanto la columna del sistema a escala laboratorio como su escalamiento cumplen con la similitud geométrica puesto que la relación de esbeltez se mantuvo constante en cada sistema.

Para el caso de los cabezales de la columna del sistema a escala, se escogió cabezales toriesféricos del tipo ASME FLANGED & DISHED, debido a que estos son los de mayor aceptación en la industria pues poseen un bajo costo. Su característica principal es que el radio del abombado es aproximadamente igual al diámetro (Agamez, 2014), que en este caso es de 1.25m. Mientras que el radio de nudillo fue de 0.125m, y la altura de la parte recta fue de 0.02305m (Ver Cuadro 8).

Una vez realizada la propuesta de la columna y cabezales de la columna del sistema natural, se procedió a realizar el dimensionamiento de las tuberías y bombas. Primero se realizó la medición de la viscosidad, a temperatura ambiente, del fluido que sale de la columna del sistema natural a escala laboratorio, contaminada de Plomo II, mediante el uso de un viscosímetro, la cual fue de $0.00250kg/m * s \pm 0.00020kg/m * s$. Además, también se estableció que el caudal tanto de entrada como de salida para el la columna del sistema sería de $0.00639m^3/s$, mismo que se utiliza en el filtro MOBICON 2000 CUBE, de la empresa DESOTEC (Ver Figura 142 en anexos, en información adicional, página 311). Por otro lado, también se determinó que la velocidad nominal del fluido en estudio, por tratarse de agua fue de 2.85000m/s. A partir de estos datos obtenidos, y estableciendo que el material de las tuberías sería de acero acero cédula 40, debido a que el Plomo II puede ser muy abrasivo, se obtuvo que el diámetro interior real de la tubería es de 0.05250m. Fue este diámetro el que dio lugar a que se determinara que el área real de la tubería era de $0.00216m^2$; y por consiguiente, la velocidad real es de 2.95112m/s. Finalmente, se estableció que e el tamaño nominal de la tubería de acero es de 0.05080m (Ver Cuadro 9).

Para el dimensionamiento de las bomba de entrada, se consideró una bomba centrífuga para este trabajo debido a que el fluido que se está manejando es agua. Para la bomba de entrada, es importante mencionar que esta tiene la función de bombear el fluido contaminado desde un tanque abierto a la atmósfera hasta un tanque pulmón de alimentación que estará por encima de la columna del sistema natural y ahí dejará el fluido, haciendo que este caiga por gravedad. Una vez dicho esto, se estableció que el tanque que iba a estar almacenando el agua contaminada estaría montado sobre una estructura que tendría una altura de 1.60m. Según lo anterior, se obtuvo que la potencia de la bomba de entrada fue de 0.7kW con una eficiencia de 60%.

Porcentaje de reducción de plomo (II) empleando cáscara de banano

Una vez realizado la columna del sistema a escala laboratorio, se realizaron varias mediciones de la cantidad de plomo (II) presente en el agua después de pasar por la columna del sistema cada diez minutos, así durante dos horas y diez minutos. A medida que el agua iba fluyendo a través de la columna del sistema natural, el contaminante de plomo (II) se separó gradualmente, haciendo que el agua que iba saliendo se presentara más limpia con respecto a la concentración inicial (20ppm) del contaminante en estudio. Mientras que la concentración en el adsorbato iba aumentando (Ver Cuadro 10). Lo anterior, tiene mucho sentido debido a que a medida que se va removiendo plomo (II) del agua, la bioresina está aumentando la concentración de este contaminante pues lo está adsorbiendo. En vista que se presentó un aumento rápido de la retención en los primeros minutos de contacto, se llevó a cabo una segunda corrida por dos horas y diez minutos más. Sin embargo, se observó que la concentración del agua después de pasar por la columna del sistema empezó a aumentar comparado con la concentración de salida del agua en las primeras dos horas de operación (Ver Figura 27 en anexos, en datos calculados, página 186).

A pesar de que la bioresina ya no estaba removiendo tanto plomo (II) del agua después de dos horas y diez minutos de operación, esta aún tenía la capacidad de seguir adsorbiendo este contaminante. Fue por esta razón que se decidió prolongar la operación de la columna del sistema natural hasta su agotamiento. De manera que, como la concentración medida cada diez minutos no era del todo significativa, se decidió ejecutar las mediciones de la concentración de plomo (II), presente en el agua después de pasar por la columna del sistema, cada hora. Es por ello que se llevó a cabo una tercera corrida por once horas más de operación. No obstante, aunque se evidenció que las concentraciones de plomo (II) medidas seguían aumentando, no se había llegado al tiempo necesario para que se agotara toda la capacidad de intercambio del lecho, pues se trataba de concentraciones que estaban entre $1.873\text{ppm}\pm 0.174\text{ppm}$ y $5.874\text{ppm}\pm 0.230\text{ppm}$ (Ver Cuadro 11). Es por ello que, una vez más, se realizó una cuarta corrida por casi 59 horas más de operación; pero esta vez haciendo mediciones cada once horas. Para este tiempo, se observó que la concentración del agua que pasaba por la columna del sistema había aumentado de manera significativa con respecto a las concentraciones de las últimas tres corridas. Es decir, que luego de casi setenta horas de operación, la bioresina aún tenía la capacidad de remover el $37.060\%\pm 0.214\%$ de la concentración inicial del contaminante en cuestión (Ver Cuadro 12).

Dicho lo anterior, se demostró que la concentración de plomo (II) iba disminuyendo a medida que iba aumentando tanto el tiempo de contacto entre la bioresina y el agua contaminada (Ver Figura 30 en anexos, en datos calculados, página 189) como la concentración en el adsorbato (Ver Figura 31 en anexos, en datos calculados, página 190), hasta que el sistema alcanzó la concentración mínima de plomo (II), la cual fue de $0.559\text{ppm}\pm 0.009\text{ppm}$, con un porcentaje de remoción de $97.203\%\pm 0.009\%$ y una concentración máxima en el adsorbato de $0.231\text{mg/g}\pm 0.334\text{mg/g}$ a las dos horas y diez minutos de operación (Ver Cuadro 10), siendo este el tiempo de ruptura del sistema. Según esto, se comprobó que la bioresina adsorbió casi en su totalidad

a este metal en este lapso de tiempo; lo cual representa una mejor eficiencia en el intercambio, mismo que se dio debido a la presencia de los grupos funcionales como carboxil e hidroxil en la cáscara de banano, quienes contribuyeron a enlazar el contaminante (CAI Junxiong, 2009). Luego de este tiempo, la bioresina empezó a saturarse poco a poco tratando de llegar al equilibrio. No obstante, en este trabajo se alcanzó una concentración máxima $12.588\text{ppm} \pm 0.214\text{ppm}$, es por ello que se recomienda prolongar el análisis hasta que la bioresina se sature por completo; es decir, que la concentración en la fase acuosa sea la misma que la concentración adsorbida en la superficie de la bioresina (Ver Figura 26 en anexos, en datos calculados, página 185), y así determinar el tiempo de saturación.

Es importante mencionar que los picos en las gráficas de curva de ruptura, en donde se presenta un aumento y una disminución de la concentración de plomo (II) en el agua, pudieron haber sido ocasionados por el vaciado y llenado de agua contaminada para las nuevas corridas en la columna del sistema. Es decir, que esto pudo haber sido una fuente de error debido a que no se evaluó el efecto que esto podía tener en la capacidad de adsorción de la bioresina.

Tasa interna de retorno (TIR)

Para la determinación de la tasa interna de retorno de la fabricación de la resina, se consideró un 10% de financiamiento del proyecto de la inversión inicial que incluye el terreno, la construcción, maquinaria y otros. Donde la inversión inicial tiene un valor de Q33,151,259. Además, se consideró que la tasa de interés para el capital financiado es del 9%; mientras que la tasa mínima de retorno atractiva (TMAR) se consideró del 12%, de la cual el 3% corresponde al riesgo de la inversión. Es importante mencionar que el horizonte del proyecto fue de diez años, y se estableció un crecimiento en ventas de 5% durante los primeros cinco años.

Como se puede observar en el Cuadro 128, la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto fue del 28%, lo cual indica que llevar a cabo la realización del proyecto de fabricación de bioresina es más rentable que las condiciones establecidas para la TMAR. Por otro lado, es importante destacar que la VAN fue de Q35,490,744.78, lo cual al ser mayor a cero se comprueba con otro criterio económico la prefactibilidad de la inversión; por lo que se recomienda realizar un análisis del proyecto de una forma más detallada para disminuir la incertidumbre de los resultados.

XI. CONCLUSIONES

1. Se comprobó que la bioresina fabricada a partir de la cáscara de banano posee un gran potencial para la reducción de Plomo (II) de disoluciones acuosas debido a los grupos funcionales tales como carboxilos, hidroxilos y alquilo que se encuentran en su estructura molecular; es por ello que este material puede considerarse como una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas con contenido de este ión metálico.
2. El segundo prototipo de la columna del sistema natural a escala laboratorio, hecho con una botella de agua salvavidas de $0.003m^3$ (3L), sí se logró hacer pasar el agua contaminada a travez del lecho. Lo anterior, debido a que la columna del sistema tenía más área por lo que daba lugar a que el agua fluyera de una mejor manera.
3. La columna del sistema a escala laboratorio, estaba conformado por $37.763\% \pm 0.001\%$ de piedra pómez, $7.550\% \pm 0.008\%$ de bioresina y $54.687\% \pm 0.001\%$ de agua contaminada.
4. La piedra pómez dio lugar a una mejor distribución de la bioresina, y evitó que se formara una torta de la bioresina que impidiera que el agua fluyera libremente a través del lecho.
5. Se comprobó que la bioresina posee un alto potencial para la reducción de plomo (II) en agua contaminada, debido a que removió aproximadamente el 97.203% de este metal pesado en durante un tiempo de contacto de 130 minutos.
6. El contaminante de plomo (II) se separó gradualmente, haciendo que el agua que iba saliendo se presentara más limpia con respecto a la concentración inicial (20ppm) del contaminante en estudio; mientras que la concentración en el adsorbato iba aumentando.
7. El sistema alcanzó la concentración mínima de plomo (II), la cual fue de $0.559ppm \pm 0.009ppm$, con un porcentaje de remoción de $97.203\% \pm 0.009\%$ y una concentración máxima en el adsorbato de $0.231mg/g \pm 0.334mg/g$ a las dos horas y diez minutos de operación.
8. Manteniendo las proporciones de los componentes de la columna del sistema a escala laboratorio, se estableció que la columna del sistema a escala estará conformado por $1.3465 \pm 0.0001m^3$ de piedra pómez y $0.2692 \pm 0.0010m^3$ de bioresina.
9. Se obtuvo una relación de esbeltez de 2.3516 ± 0.6753 , la cual es la misma que para la columna del sistema a escala laboratorio. Según esto, se concluye que tanto el modelo a escala laboratorio como su escalamiento cumplen con la similitud geométrica puesto que la relación de esbeltez se mantuvo constante en cada sistema.
10. La tasa interna de retorno (TIR) del proyecto fue del 28%, lo cual indica que llevar a cabo la realización del proyecto de fabricación de bioresina es más rentable que las condiciones establecidas para la tasa mínima de retorno atractiva (TMAR) (12%).

XII. RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis por espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) a la biorresina fabricada para determinar si hubo algún cambio en los grupos funcionales orgánicos de la cáscara de banano, luego de ser sometida a una temperatura de 95°C.
2. Obtener una muestra de la cáscara de banano cada hora y medir la humedad de la misma haciendo uso de una balanza de humedad para que los datos sean más exactos y se pueda construir una curva de humedad.
3. Para llevar a cabo la reducción de tamaño de la cáscara de banano seca, hacer uso de un molino de martillos para obtener mejores resultados en cuanto al tamaño de partícula.
4. Estudiar diferentes parámetros que pueden afectar la capacidad de adsorción de la bioresina, para así obtener diferentes concentraciones en el equilibrio que den paso a la realización de las curvas de Langmuir y así poder determinar la capacidad máxima adsorción de la bioresina y establecer si es o no favorable.
5. Realizar un estudio del retrolavado para la bioresina luego de que esta se sature por completo.
6. Recolectar y realizar un análisis de los flóculos que se formaron luego de que el agua atravesó el lecho para comprobar o descartar que es aluminio, producto de la lixiviación de la piedra pómez. Y si no se descarta, llevar a cabo un tratamiento posterior para la remoción de los mismos.
7. Realizar un análisis de los compuestos orgánicos que se puedan ir junto con el agua tratada, como producto del uso de la bioresina fabricada a partir de la cáscara de banano.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agamez, C. (2014). *Diseño de un sistema de intercambio catiónico de lecho fijo para la potabilización de agua en el corregimiento de Malaga (Bolívar)*. Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena, Cartagena de Indias.
- [2] Aguamarket. (2019). *Definición de Efluente*. Extraído de: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=864&termino=efluente>
- [3] Aingetherm. (2018). *Hornos industriales/ Deshidratadores*. Extraído de: <https://www.aingetherm.cl/deshidratadores.htm>
- [4] Ahmad, T. y Danish, M. (2017). *Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review*. Journal of Environmental Management 206 (2018) 330e348
- [5] Arias, P., Dankers, C., Liu, P., & Pilkauskas, P. (2004). *La economía mundial del banano 1985-2002*. Roma: Fao.
- [6] Arroyo, R. (2018). *Formas de relieve derivadas de las acciones fluviales*. Extraído de: <https://previa.uclm.es/profesorado/egcardenas/fluvial.pdf>
- [7] Asenjo López, C. (2015). *Tratamiento de aguas grises*. Extraído de: <https://www.iagua.es/blogs/cristina-asenjo-lopez/tratamiento-aguas-grises>
- [8] Anwar, J., Shafique, U., Zaman, W., Salman, M., Dar, A. y Anwa, S. (2009). *Removal of Pb (II) and Cd(II) from water by adsorption on peels of banana*. Bioresource Technology, 101 (2010) 1752–1755
- [9] CAI Junxiong, C. L. (2009). *Effect of functional groups on sludge for biosorption of reactive dyes*. Journal of Environmental Sciences, Págs. 534–538.
- [10] Castro, B. (2015). *Uso de la cáscara de banano (Musa paradisiaca) maduro deshidratada (seca) como proceso de bioadsorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas*. Extraído de: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8641/1/Uso%20de%20cascara%20de%20banano_Dr.%20Castro.pdf
- [11] Cerón Elías, V. (2016). *Línea base para la determinación de arsénico en el agua de pozo de la ciudad de Chiquimula, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala 2015*. Extraído de: http://cunori.edu.gt/descargas/Linea_base_para_la_determinacion_de_arsenico_en_el_agua_de_pozo_de_la_ciudad_de_chiquimula_municipio_de_chiquimula_departamento_de_chiquimula_guatemala_2015.pdf

- [12] Contyquim. (2019). *Resinas de intercambio iónico, su función química en el tratamiento del agua*.
Extraído de: <https://contyquim.com/blog/resinas-de-intercambio-ionico-su-funcion-qu%C3%ADmica-en-el-tratamiento-del-agua>
- [13] Connors, K. (1981). *Curso de análisis farmacéutico*, Barcelona, España: Editorial Reverté
- [14] Construmatica. (2017). *Aguas Negras | Construpedia, enciclopedia construcción*. Extraído de:
https://www.construmatica.com/construpedia/Aguas_Negras
- [15] Construmatica. (2016). *Densidad aparente*. Extraído de:
https://www.construmatica.com/construpedia/Densidad_Aparente
- [16] Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Ciudad de México, México: Editorial Limusa.
- [17] Cruz, A. (2013). *Evaluación de la influencia del número de Reynolds y el tipo de material poroso en la pérdida de carga a través de lechos porosos*. Extraído de:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1490/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [18] DESOTEC. (2019). MOBICON 2000 CUBE. Extraído de:
<https://www.desotec.com/en/solutions/filter-solutions/mobicon-2000-cube>
- [19] Encyclopaedia Britannica. (2012). *Ion-Exchange resin*. Extraído de:
<https://www.britannica.com/science/resin>
- [20] Engineers & Consultants. (2019). *Vegetable Washer*. Extraído de:
<http://www.ssdairyequipments.com/vegetable-washer.html>
- [21] Espigares García, M. y Pérez López, J. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*.
Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada.
http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- [22] FAO. (2019). *Banana Statistical Compendium 2018*. Rome. Extraído de:
<http://www.fao.org/3/ca5625en/CA5625EN.pdf>
- [23] Ferré-Huguet, N., Schuhmacher, M., Llobet, J. y Domingo, J. (2007). *Metales pesados y salud*.
Extraído de: <https://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n108-programa-hra-metales-pesados.pdf>
- [24] Figueredo, M., González, R. (2017). *Evaluación del secado de la musa paradisiaca (plátano) utilizando el aparato de laboratorio SBAN*. Extraído de:
<http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v37n2/rtq11217.pdf>

- [25] Filtra Vibración. (2019). *Tamizadora Industrial FTI-0550*. Extraído de: <http://filtra.com/wp-content/uploads/2015/06/FLT-ZEUS-FTI0550.pdf>
- [26] Food-Info. (2017). Definición de Pectina. Extraído de: <http://www.food-info.net/es/qa/qa-wi6.htm>
- [27] Fraga, S. (1991). *Química teórica. Tomo III: Estructura, interacciones y reactividad*. Departamento de Química, Universidad de Alberta, Edmonton, Alberta, Canadá.
- [28] García, C., Saval, J. (2009). *Determinación de la granulometría de un árido*. Extraído de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Práctica%20Nº%203%20_Granulometria%20I_.pdf
- [29] García, C. (2009). *Determinación de la granulometría de un árido*. Extraído de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Práctica%20Nº%203%20_Granulometria%20I_.pdf
- [30] García, V. (2016). *Elaboración de Bio-resina intercambiadora de cationes a partir de cáscara de plátano o guineo para eliminar metales pesados en agua contaminada*. Revista Tecnológica no. 9
- [31] Geominero. (1999). *Minería Química*. España. Editorial: Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
- [32] Gobierno de México (2016). *Atlas del Agua en México*. Extraído : <https://www.gob.mx/conagua/articulos/sabes-que-es-una-estacionhidrometrica?idiom=es>
- [33] GreenFacts. (2020). *Bioacumulación*. Extraído de: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/bioacumulacion-bioacumular.htm>
- [34] Guevara-Bravo, C. (2016). *Biorrefinería a partir de banano de rechazo: Un sistema integrado para la co-producción de etanol, proteína unicelular, biogás y compost*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. doi: 10.18684/BSAA(14)78-86
- [35] IARC. (2012). *Agents Classified by the IARC Monographs*. Obtenido de <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf>
- [36] IARNA. (2004). *Perfil Ambiental de Guatemala: Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática*. Extraído de: <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2017/10/Perfilambiental2004DocumentoCompleto.pdf>
- [37] IARNA. (2011). *Compendio estadístico ambiental*. Extraído de: <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2017/11/Coedicin47.Compendioestadsticoambiental2011.pdf>
- [38] IGME. (2003). *Piedra pómez*. Extraído de: http://www.igme.es/panoramaminero/historico/2003_04/ppomez03.pdf
- [39] Imarca (2017). *Catálogo de máquinas lavadoras de alimentos*. Extraído de: <http://www.imarca.com.ve/Lavadora-general-de-Alimentos.php>

- [40] Jilguan, B. (2019). *Guatemala es el tercer exportador de banano*. Guatemala: *Diario de Centro América*. Extraído de: <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/guatemala-es-el-tercer-exportador-de-banano/>
- [41] Joseph, L., Jun, B., Flora, J., Park, C. y Yoon, Y. (2019). *Removal of heavy metals from water sources in the developing world using low-cost materials: A review*. Elsevier Ltd.
- [42] Junxiong, C., Longzhe, C., Yanxin, W. y Chengfur, L. (2009). *Effect of functional groups on sludge for biosorption of reactive dyes*. Journal of Environmental Sciences, 21(2009), 534-538
- [43] Kronen. (2019). *Innovación para la industria alimenticia*. Extraído de: <https://www.kronen.eu/es/maschinen/gewa-xl/maschinen-downloads>
- [44] Leiva-Mas. (2012). *Absorción de hidrocarburos en columnas rellenas con bagazo: una solución sostenible*. Extraído de: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223124988005.pdf>
- [45] MAGA. (2016). *El Agro en Cifras*. Extraído de: <https://precios.maga.gob.gt/archivos/agro-en-cifras/El%20Agro%20En%20Cifras%20-%202016.pdf>
- [46] Mahindrakar, K. y Rathod, V. (2018). *Utilization of banana peels for removal of strontium (II) from water*. Environmental Technology and Innovation, 11(2018), 371-383
- [47] Manuel Riesgo, S.A. (2011). *Ficha de datos de seguridad de piedra pómez*. Extraído de: http://manuelriesgo.com/docstecnicas/seguridad/FS_PP026_1000.pdf
- [48] MARN. (2013). *Manual de educación ambiental sobre el recurso hídrico en Guatemala*. Extraído de: <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/7419.pdf>
- [49] McCabe, W., Smith, J. y Harriot, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química séptima edición*, Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- [50] Medina, C. (2015). Estudio del proceso de deshidratación de alimentos frutihortícolas: Empleo de microondas y energía solar. Extraído de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46496/Documento_completo.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- [51] Morom, E. (2019). *La cascara de plátano como adsorbente de metales pesados*. Extraído de: <https://steemit.com/stem-espanol/@emiliomoron/la-cascara-de-platano-como-adsorbente-de-metales-pesados>
- [52] Morales, L. (2018). *Estudio exploratorio de los niveles de metales pesados (As, Cd, Cr, Pb, Se) en el río Guastatoya, departamento de El Progreso*. Extraído de: <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/Q237.pdf>
- [53] Norma COGUANOR NGO 29 001. (1985). *Agua Potable, Especificaciones*. Extraído de: http://www.ada2.org/sala-prensa/publicaciones/doc_view/28-coguanor-29001-99

- [54] Ottevanger, Milling Engineers. (2020). *Molino de martillos*. Extraído de: <https://www.ottevanger.com/es/products/prensado/molinos-de-martillos-serie-650/?dl=ok>
- [55] Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (Eds.). (1997). *Perry's chemical engineers' handbook (7th ed)*. McGraw-Hill.
- [56] Pimienta, J. (1980). La captación de guas subterráneas. Barcelona, España. Editores técnicos asociados, S. A.
- [57] Porto, J. (2020). *Definición de coliformes*. Extraído de: <https://definicion.de/coliformes/>
- [58] Ramos Olmos, R., Sepúlveda Marqués, R., & Villalobos Moreto, F. (2003). *El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis*. Ciudad de México, México. Editorial: Plaza y Valdes
- [59] Real Academia Española. (2014). *Definición Antrópico*. Extraído de: <https://dle.rae.es/antrópico>
- [60] Real Academia de Ingeniería. (2018). Definición de Interferograma. Extraído de: <http://diccionario.raing.es/es/lema/interferograma>
- [61] Registro cdt. (1977). *Glosario técnico del sector construcción*. Extraído de: <http://glosario.registrocdt.cl/word/porcentaje-acumulado-retenido-en-un-tamiz>
- [62] Reyes, G. (2004). *Evaluación del proceso de filtración de la planta rehabilitada de agua potable Santa Luisa de la empresa municipal de agua (EMPAGUA) de la ciudad de Guatemala*. Extraído de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2493_C.pdf
- [63] Rubio, D., Calderón, R., Gualtero, A., Acosta, D. y Rojas, I. (2015). *Tratamientos para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales: Una revisión*. Revista Ingeniería y Región, 13(2015), 73-90
- [64] Ruiz, M. (1990). *El uso de subproductos en la alimentación de bovinos en el trópico*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- [65] Sapag, Nassir. (2011). *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación. Segunda edición*, Chile: Pearson Education.
- [66] SEGEPLAN. (2011). *Política nacional del agua de Guatemala y su estrategia*. Extraído de: http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas_publicas/Recursos%20Naturales/Pol%C3%ADtica%20Nacional%20del%20Agua%20de%20Guatemala.pdf
- [67] Sharma, S. (2015). *Heavy metals in water: Presence, removal and safety*, India, Jaipur: Royal Society of Chemistry.
- [68] Silva, C., Gomes, T., Andrade, G., Monteiro, S., Dias, A., Zagatto, E., Tornisielo, V. (2013). *Banana peel as an adsorbent for removing atrazine and ametrine from waters*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(10), 2358-2363. doi: 10.1021/jf4019118.

- [69] Skoog, D., West, D., Holler, J. y Crouch, S. (2015). *Fundamentos de Química Analítica. Novena edición*, México DF, México: Cengage Learning.
- [70] Sommerfeld, J. (1999). *Tracking the Marshall & Swift equipment cost index*. Cost Engineering. Extraído de: <https://search.proquest.com/openview/9352e8c2d3ad6111bc4feb8aea5bf394/1?pq-origsite=gscholar&cbl=49080>
- [71] Soto, J. (2020). *Green Peace*. Extraído de: <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/4074/deforestacion-que-es-quien-la-causa-y-por-que-deberia-importarnos/>
- [72] Spillman, T., Buckalew, J. (2000). *Evaluación de Recursos de Agua de Guatemala*. Extraído de: <https://www.sam.usace.army.mil/Portals/46/docs/military/engineering/docs/WRA/Guatemala/Guatemala%20WRA%20Spanish.pdf>
- [73] Timpal. (2019). Líneas completas de ensacado. Extraído de: <https://www.timpal.com/es/ensacadora-automatica-colocador-sacos-ilersac-a>
- [74] Tovar, C., Ortiz, A. y Jaraba, L. (2015). *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico*. Tecnológicas, vol. 18, no. 34, pp. 109-123
- [75] Towler, G. P., & Sinnott, R. K. (2008). *Chemical engineering design: Principles, practice and economics of plant and process design*. Elsevier/Butterworth-Heinemann.
- [76] Treybal, R. (2005). *Operaciones de transferencia de masa, 2da. Edición*, Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- [77] UN-Water. (2018). *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. UNESCO, Paris, France.
- [78] Valencia, J., Castellar, G. (2013). *Predicción de las curvas de ruptura para la remoción de plomo (II) en disolución acuosa sobre carbón activado en una columna empacada*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Bogotá, D.C., Colombia.
- [79] Vilardi, G., Di Palma, L. y Verdone, N. (2017). *Heavy metals adsorption by banana peels micro-powder: Equilibrium modeling by non-linear models*. Chinese Journal of Chemical Engineering, 26 (2018) 455–464
- [80] Volk, T. (2010). *Suelos contaminados por metales y metaloides: Muestreo y alternativas para su remediación*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [81] Wade, L., Simekm J. (2017). *Química Orgánica, Volumen I*. Ciudad de México, México: Pearson Educación de México.
- [82] Wet. (2020). *Resinas de intercambio iónico*. Extraído de: <https://www.wet-corp.com/soluciones/resinas-de-intercambio-ionico/>

- [83] Xuan, G., Jianlong, W. (2019). *Comparison of linearization methods for modeling the Langmuir adsorption isotherm*. Journal of Molecular Liquids, 296 (2019), 0167-7322. doi: 10.1016/j.molliq
- [84] Yu, D., Wang, L. y Wu, M. (2018). *Simultaneous removal of dye and heavy metal by banana peels derived hierarchically porous carbons*. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 93 (2018) 543–553

XIV. ANEXOS

A. Datos originales

Cuadro 13. Pesaje de banano sin pelar y solo de la cáscara.

No. de banano	Peso (± 0.000005 kg)	
	Sin pelar	Cáscara
1	0.087000	0.026000
2	0.076000	0.030000
3	0.072000	0.028000
4	0.063000	0.024000
5	0.070000	0.027000
6	0.065000	0.026000
7	0.067000	0.026000
8	0.061000	0.023000
9	0.064000	0.025000
10	0.057000	0.021000
11	0.052000	0.018000
12	0.057000	0.021000

Nota: Se pesó doce bananos maduros con cáscara y luego de pelarlos, se pesó la cáscara de cada uno.

Cuadro 14. Variación en peso de cáscara de banano a lo largo del tiempo de secado.

Tiempo		Peso de cáscara de banano ($\pm 0.000005kg$)
Horas	Segundos	
0	0	50.289000
1	3600	43.369000
2	7200	39.419000
3	10800	35.506000
4	14400	30.652000
5	18000	27.028000
6	21600	24.022000
7	25200	21.228000
8	28800	18.116000
9	32400	15.362000
10	36000	12.102000
11	39600	9.999000
12	43200	7.065000
13	46800	6.123000
14	50400	6.090000
15	54000	6.090000
16	57600	6.090000

Nota: En este cuadro, se tabularon los pesos que iba teniendo la cáscara de banano cada hora durante el secado hasta que su peso fue constante.

Cuadro 15. Cantidad de resina retenida en cada tamiz del tamizador tipo shaker.

Número de tamiz	Diámetro de partícula (μm)	Peso de tamiz junto con resina ($\pm 0.000005 kg$)	Peso de tamiz ($\pm 0.000005 kg$)
20	850	1.790000	0.380000
30	600	1.440000	0.370000
45	355	0.460000	0.330000
60	250	1.110000	0.330000
80	180	1.130000	0.330000
100	150	1.040000	0.320000
Base	N/A	1.640000	0.460000

Nota: En este cuadro se encuentra el número de tamiz con su respectivo tamaño de partícula. Asimismo, se toma en consideración tanto el peso que tiene cada tamiz, como el que tiene cada tamiz junto con la bioresina que quedó en cada uno de ellos.

Cuadro 16. Pesaje de nitrato de plomo ($Pb(NO_3)_2$) para la preparación de la solución madre a 20ppm de plomo II (Pb).

	Peso ($\pm 0.000005 kg$)
Nitrato de plomo ($Pb(NO_3)_2$)	0.0000639

Nota: Este peso, representa la cantidad de nitrato de plomo ($Pb(NO_3)_2$) que se necesitaba para preparar un litro de solución madre a 20ppm de plomo II (Pb).

Cuadro 17. Pesaje de bioresina seca para pruebas de solubilidad y pH en agua destilada.

Corrida	Peso ($\pm 0.000005kg$)
1	0.002000
2	0.002000
3	0.002000
4	0.002000
5	0.002000

Nota: En este cuadro, se encuentra la cantidad de bioresina utilizada para cada prueba de solubilidad y pH en agua destilada.

Cuadro 18. Determinación de pH de bioresina en agua destilada.

Corrida	Tiempo		pH	Temperatura (°C)
	($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)		
1	0.0000	0.00	5.29	25.3
	10.0000	600.00	5.34	25
2	0.0000	0.00	5.38	25.8
	10.0000	600.00	5.43	25.6
3	0.0000	0.00	5.42	26.2
	10.0000	600.00	5.37	25.8
4	0.0000	0.00	5.40	25.9
	10.0000	600.00	5.40	25.9
5	0.0000	0.00	5.44	25.8
	10.0000	600.00	5.39	26

Nota: Para la determinación de pH de bioresina en agua destilada, se medía el pH y temperatura al inicio de la agitación. Luego, se dejaba pasar un lapso de diez minutos en lo que la bioresina se asentaba. Al cumplir este tiempo, se medía nuevamente el pH y la temperatura.

Cuadro 19. Pesaje de probeta de 100mL con y sin resina seca.

Corrida	Probeta	
	Sin resina ($\pm 0.000005kg$)	Con resina ($\pm 0.000005kg$)
1	0.070100	0.076200
2	0.070100	0.076200
3	0.070100	0.076200
4	0.070100	0.076200
5	0.070100	0.076200

Nota: Este cuadro, contiene información del peso que tenía una probeta de $0.0001m^3$ (100mL) vacía y cuando estaba tenía resina hasta un volumen conocido. Estos datos fueron utilizados para el cálculo de la densidad aparente seca de la bioresina.

Por otro lado, es importante destacar que las “corridas” hacen referencia a cuántas veces se realizó el mismo procedimiento.

Cuadro 20. Prueba para determinación de expansión de lecho.

Corrida	Altura de lecho ($\pm 0.0005m$)	
	Seco	Mojado
1	0.0850	0.0950
2	0.0850	0.0950
3	0.0850	0.0950
4	0.0850	0.0950
5	0.0850	0.0950

Nota: Este cuadro, contiene información de la altura que tenía la bioresina tanto seca como mojada dentro de una probeta. Estos datos fueron utilizados para determinar el factor de expansión que tenía la bioresina.

Por otro lado, es importante destacar que las “corridas” hacen referencia a cuántas veces se realizó el mismo procedimiento.

Cuadro 21. Volumen de agua a tratar y tiempo de llenado.

Prueba	Volumen de agua		Tiempo ($\pm 0.05 \text{seg.}$)
	($\pm 0.00006 \text{ L}$)	($\pm 0.0000006 \text{ m}^3$)	
1	0.95000	0.00095000	22.00
2	0.95000	0.00095000	19.00

Nota: En este cuadro se presenta la cantidad de agua, contaminada, utilizada para realizar las pruebas de remoción de Plomo II. La “Prueba” hace referencia a cuántas veces se preparó la solución.

Por otro lado, el “tiempo” hace referencia a cuánto tardó en llenarse la columna del sistema a escala laboratorio con la solución preparada.

Cuadro 22. Pesaje de bioresina seca para pruebas de adsorción.

Columna	Peso ($\pm 0.000005 \text{kg}$)	
	Bioresina	Piedra pómez
1	0.080000	0.328000

Nota: Se hace mención de “una columna”, debido a que se construyó una única columna a escala laboratorio con esa cantidad de bioresina y piedra pómez.

Cuadro 23. Medidas de columna a escala laboratorio.

Parámetros	Valor ($\pm 0.0005 \text{m}$)
Diámetro	0.1170
Altura de columna	0.280
Altura de lecho	0.2280

Nota: Estos valores fueron medidos directamente de la columna realizada a escala laboratorio. Para el caso de la altura del lecho, se tomó en consideración que debía existir un factor de seguridad del 20%.

Cuadro 24. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)		
10.0000	600.00	M11	0.793
			0.847
			0.922
		M12	0.756
			0.778
			0.769
		M13	0.931
			0.726
			0.662
		M14	1.217
			1.147
			1.183
		M15	0.954
			0.904
			1.344
20.0000	1200.00	M21	0.760
			0.832
			0.728
		M22	0.784
			0.833
			0.774
		M23	0.806
			0.885
			0.746
		M24	0.966
			0.863
			0.815

Nota: Este cuadro, contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 25. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)		
20.0000	1200.00	M25	0.743
			0.732
			0.734
30.0000	1800.00	M31	0.998
			0.798
			0.763
		M32	0.687
			0.73
			0.724
		M33	0.719
			0.711
			0.729
		M34	0.722
			0.733
			0.741
		M35	0.699
			0.651
			0.669
40.0000	2400.00	M41	0.698
			0.707
			0.709
		M42	0.663
			0.696
			0.777
		M43	0.732
			0.704
			0.719

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 26. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)		
40.0000	2400.00	M44	0.822
			0.764
			0.832
		M45	0.648
			0.694
			0.695
50.0000	3000.00	M71	0.692
			0.698
			0.713
		M72	0.677
			0.665
			0.678
		M73	0.723
			0.716
			0.653
		M74	0.850
			0.828
			0.731
		M75	0.666
			0.797
			0.716
60.0000	3600.00	M81	0.661
			0.746
			0.772
		M82	0.679
			0.635
			0.749

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 27. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)		
60.0000	3600.00	M83	0.650
			0.605
			0.660
		M84	0.743
			0.750
			0.669
		M85	0.610
			0.878
			1.016
70.0000	4200.00	M61	0.685
			0.699
			0.722
		M62	0.754
			0.729
			0.722
		M63	0.694
			0.694
			0.694
		M64	0.617
			0.642
			0.681
		M65	0.749
			0.757
			0.760
80.0000	4800.00	M101	0.651
			0.669
			0.674

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 28. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)		
80.0000	4800.00	M102	0.641
			0.740
			0.620
		M103	0.623
			0.628
			0.638
		M104	0.680
			0.870
			0.630
		M105	0.621
			0.640
			0.628
90.0000	5400.00	M51	0.690
			0.675
			0.650
		M52	0.671
			0.651
			0.643
		M53	0.683
			0.667
			0.683
		M54	0.674
			0.530
			0.653
		M55	0.693
			0.645
			0.641

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 29. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)		
100.0000	6000.00	M91	0.641
			0.670
			0.670
		M92	0.678
			0.680
			0.672
		M93	0.639
			0.620
			0.663
		M94	0.618
			0.608
			0.665
		M95	0.647
			0.627
			0.648
110.0000	6600.00	M111	0.584
			0.637
			0.645
		M112	0.561
			0.545
			0.576
		M113	0.602
			0.840
			0.63
		M114	0.654
			0.610
			0.744

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 30. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001\text{ppm}$)
($\pm 0.0008\text{mins.}$)	($\pm 0.05\text{seg.}$)		
110.0000	6600.00	M115	0.586
			0.595
			0.583
120.0000	7200.00	M121	0.583
			0.593
			0.794
		M122	0.549
			0.562
			0.546
		M123	0.547
			0.513
			0.546
		M124	0.518
			0.552
			0.494
		M125	0.779
			0.778
			0.885
130.0000	7800.00	M131	0.524
			0.589
			0.546
		M132	0.560
			0.524
			0.613
140.0000	8400.00	N11	1.161
			1.093
			1.011

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 31. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)		
140.0000	8400.00	N12	2.368
			2.413
			2.359
		N13	2.109
			2.139
			2.132
		N14	1.419
			1.425
			1.382
		N15	0.742
			0.739
			0.752
150.0000	9000.00	N21	2.092
			2.083
			2.082
		N22	2.796
			2.812
			2.880
		N23	2.824
			2.863
			2.873
		N24	2.513
			2.540
			2.606
		N25	2.779
			2.712
			2.737

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 32. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)		
160.0000	9600.00	N31	1.971
			1.925
			1.996
		N32	1.806
			1.866
			1.847
		N33	3.186
			3.182
			3.173
		N34	2.049
			2.074
			2.052
		N35	2.236
			2.251
			2.250
170.0000	10200.00	N41	2.063
			2.028
			2.023
		N42	2.060
			2.068
			2.055
		N43	2.057
			2.126
			2.011
		N44	1.930
			1.912
			1.951

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 33. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)		
170.0000	10200.00	N45	2.101
			2.075
			2.118
180.0000	10800.00	N51	1.630
			1.706
			1.661
		N52	1.639
			1.706
			1.726
		N53	1.911
			1.959
			1.892
		N54	1.813
			1.853
			1.838
		N55	1.929
			1.821
			1.802
190.0000	11400.00	N61	1.606
			1.577
			1.614
		N62	1.947
			1.977
			1.982
		N63	1.896
			1.908
			1.874

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 34. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)		
190.0000	11400.00	N64	1.812
			1.851
			1.857
		N65	1.920
			1.869
			1.825
200.0000	12000.00	N71	1.979
			1.933
			1.975
		N72	1.984
			2.039
			1.944
		N73	1.863
			1.898
			1.810
		N74	2.212
			2.197
			2.269
		N75	1.938
			1.909
			1.913
210.0000	12600.00	N81	2.236
			2.223
			2.266
		N82	2.196
			2.161
			2.204

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 35. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)		
210.0000	12600.00	N83	2.323
			2.355
			2.409
		N84	2.313
			2.287
			2.340
		N85	2.260
			2.290
			2.223
220.0000	13200.00	N91	2.440
			2.450
			2.486
		N92	2.272
			2.307
			2.251
		N93	2.577
			2.570
			2.591
		N94	2.518
			2.581
			2.499
		N95	2.553
			2.571
			2.614
230.0000	13800.00	N101	2.793
			2.749
			2.809

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 36. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)		
230.0000	13800.00	N102	3.041
			2.055
			2.984
		N103	3.042
			2.959
			2.916
		N104	2.883
			2.903
			2.940
		N105	2.830
			2.805
			2.755
240.0000	14400.00	N111	3.323
			3.319
			3.297
		N112	3.356
			3.363
			3.333
		N113	3.172
			3.139
			3.119
		N114	3.126
			3.191
			3.200
		N115	3.188
			3.249
			3.193

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 37. Determinación de plomo en muestras cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)		
250.0000	15000.00	N121	3.502
			3.403
			3.394
		N122	2.208
			2.246
			2.170
		N123	3.187
			3.241
			3.270
		N124	3.463
			3.495
			3.482
		N125	3.396
			3.417
			3.3889
260.0000	15600.00	N131	3.425
			3.446
			3.471
		N132	3.535
			3.603
			3.549

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 38. Determinación de plomo en muestras cada hora.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)		
19200.00	320.0000	5.33300	O11	1.690
				1.657
				1.679
			O12	1.947
				1.945
				1.974
			O13	1.717
				1.748
				1.737
			O14	2.120
				2.111
				2.098
			O15	1.903
				1.890
				1.872
22800.00	380.0000	6.33300	O21	2.092
				2.011
				2.026
			O22	2.360
				2.395
				2.405
			O23	1.919
				1.905
				1.917
			O24	1.727
				1.663
				1.698

Nota: Este cuadro, contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 39. Determinación de plomo en muestras cada hora, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)		
22800.00	380.0000	6.33300	O25	1.723
				1.683
				1.720
26400.00	440.0000	7.33300	O31	3.775
				3.854
				3.892
			O32	3.399
				3.423
				3.356
			O33	3.235
				3.290
				3.337
			O34	3.323
				3.357
				3.392
			O35	2.943
				3.000
				2.944
30000.00	500.0000	8.33300	O41	3.160
				3.197
				3.207
			O42	3.221
				3.282
				3.242
			O43	3.427
				3.512
				3.494

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 40. Determinación de plomo en muestras cada hora, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo (±0.001ppm)
Segundos (±0.05seg.)	Minutos (±0.0008mins.)	Horas (±0.00001horas)		
30000.00	500.0000	8.33300	O44	3.441
				3.441
				3.493
			O45	3.612
				3.603
				3.596
33600.00	560.0000	9.33300	O51	3.248
				3.287
				3.271
			O52	3.371
				3.287
				3.443
			O53	3.449
				3.519
				3.475
			O54	3.594
				3.560
				3.604
			O55	3.440
				3.305
				3.402
37200.00	620.0000	10.33300	O61	2.029
				2.019
				2.034
			O62	1.663
				1.697
				1.715

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 41. Determinación de plomo en muestras cada hora, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)		
37200.00	620.0000	10.33300	O63	1.594
				1.582
				1.575
			O64	1.770
				1.840
				1.830
			O65	1.852
				1.826
				1.813
40800.00	680.0000	11.33300	O71	2.205
				2.186
				2.171
			O72	1.137
				1.111
				1.147
			O73	2.238
				2.171
				2.281
			O74	2.078
				2.228
				2.147
			O75	2.369
				2.376
				2.423
44400.00	740.0000	12.33300	O81	4.373
				4.466
				4.547

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 42. Determinación de plomo en muestras cada hora, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)		
44400.00	740.0000	12.33300	O82	4.115
				4.186
				4.191
			O83	4.447
				4.438
				4.445
			O84	4.386
				4.347
				4.338
			O85	3.978
				3.933
				3.979
48000.00	800.0000	13.33300	O91	4.265
				4.394
				4.373
			O92	4.715
				4.707
				4.764
			O93	4.707
				4.694
				4.759
			O94	4.772
				4.711
				4.716
			O95	4.429
				4.416
				4.395

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 43. Determinación de plomo en muestras cada hora, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)		
51600.00	860.0000	14.33300	O101	5.324
				5.460
				5.393
			O102	5.776
				5.818
				5.862
			O103	5.585
				5.600
				5.605
			O104	5.576
				5.554
				5.615
			O105	5.481
				5.548
				5.584
55200.00	920.0000	15.33300	O111	5.598
				5.556
				5.561
			O112	5.981
				6.106
				6.148
			O113	6.104
				6.144
				6.177
			O114	5.951
				6.021
				6.029

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 44. Determinación de plomo en muestras cada hora, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)		
55200.00	920.0000	15.33300	O115	6.023
				6.071
				6.133

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 45. Determinación de plomo en muestras cada once horas.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)		
94800.00	1580.0000	26.33300	P11	9.699
				9.707
				9.571
			P12	8.860
				9.001
				8.901
			P13	9.326
				9.220
				9.127
			P14	9.267
				9.270
				9.303
			P15	9.412
				9.460
				9.420
134400.00	2240.0000	37.33300	P21	10.460
				10.520
				10.560

Nota: Este cuadro, contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada once horas.

Cuadro 46. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo (± 0.001 ppm)
Segundos (± 0.05 seg.)	Minutos (± 0.0008 mins.)	Horas (± 0.00001 horas)		
134400.00	2240.0000	37.33300	P22	10.840
				10.820
				10.780
			P23	10.750
				10.860
				11.030
			P24	10.860
				10.910
				11.060
			P25	10.900
				10.970
				10.970
174000.00	2900.0000	48.33300	P31	11.500
				11.540
				11.750
			P32	12.050
				12.070
				11.990
			P33	12.010
				11.990
				12.150
			P34	12.370
				12.370
				12.130
			P35	12.150
				12.240
				12.200

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada once horas.

Cuadro 47. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)		
213600.00	3560.0000	59.33300	P41	11.960
				12.000
				12.190
			P42	12.820
				12.820
				12.710
			P43	12.600
				12.780
				12.800
			P44	12.570
				12.790
				12.880
			P45	12.770
				12.770
				12.890
253200.00	4220.0000	70.33300	P51	12.240
				12.260
				12.240
			P52	12.570
				12.520
				12.510
			P53	12.670
				12.630
				12.610
			P54	12.710
				12.770
				12.880

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada once horas.

Cuadro 48. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Tiempo de contacto			Corrida	Concentración de Plomo (± 0.001 ppm)
Segundos (± 0.05 seg.)	Minutos (± 0.0008 mins.)	Horas (± 0.00001 horas)		
253200.00	4220.0000	70.33300	P55	12.750
				12.770
				12.690

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada once horas.

Cuadro 49. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada diez minutos.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado (± 0.05 seg.)
(± 0.0008 min.)	(± 0.05 seg.)		(± 0.06 mL)	(± 0.00000006 m ³)	
10.0000	600.00	M11	10.00	0.00001000	11.20
		M12	10.00		12.00
		M13	10.00		10.30
		M14	10.00		11.00
		M15	10.00		10.50
20.0000	1200.00	M21	10.00	0.00001000	20.60
		M22	10.00		18.50
		M23	10.00		22.00
		M24	10.00		17.40
		M25	10.00		23.00
30.0000	1800.00	M31	10.00	0.00001000	13.30
		M32	10.00		10.00
		M33	10.00		11.70
		M34	10.00		14.40
		M35	10.00		18.00
40.0000	2400.00	M41	10.00	0.00001000	18.00
		M42	10.00		10.11
		M43	10.00		14.00

Nota: Aquí, se presenta el volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada 10 mins.

Cuadro 50. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado (± 0.05 seg.)
(± 0.0008 min.)	(± 0.05 seg.)		(± 0.06 mL)	(± 0.00000006 m ³)	
40.0000	2400.00	M44	10.00	0.00001000	13.20
		M45	10.00		11.60
50.0000	3000.00	M71	10.00	0.00001000	16.00
		M72	10.00		15.00
		M73	10.00		19.80
		M74	10.00		14.80
		M75	10.00		13.00
60.0000	3600.00	M81	10.00	0.00001000	10.00
		M82	10.00		11.00
		M83	10.00		11.60
		M84	10.00		15.00
		M85	10.00		12.30
70.0000	4200.00	M61	10.00	0.00001000	13.80
		M62	10.00		14.00
		M63	10.00		12.50
		M64	10.00		10.00
		M65	10.00		13.20
80.0000	4800.00	M101	10.00	0.00001000	13.60
		M102	10.00		14.00
		M103	10.00		12.00
		M104	10.00		15.70
		M105	10.00		16.00
90.0000	5400.00	M51	10.00	0.00001000	14.50
		M52	10.00		12.22
		M53	10.00		10.00
		M54	10.00		11.00
		M55	10.00		11.60

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada 10 mins.

Cuadro 51. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado (± 0.05 seg.)
(± 0.0008 min.)	(± 0.05 seg.)		(± 0.06 mL)	(± 0.00000006 m ³)	
100.0000	6000.00	M91	10.00	0.00001000	10.11
		M92	10.00		14.00
		M93	10.00		12.50
		M94	10.00		10.00
		M95	10.00		13.66
110.0000	6600.00	M111	10.00	0.00001000	12.30
		M112	10.00		13.80
		M113	10.00		14.00
		M114	10.00		12.00
		M115	10.00		10.30
120.0000	7200.00	M121	10.00	0.00001000	14.50
		M122	10.00		11.20
		M123	10.00		12.00
		M124	10.00		10.30
		M125	10.00		13.80
130.0000	7800.00	M131	10.00	0.00001000	14.00
		M132	10.00		12.50
140.0000	8400.00	N11	10.00	0.00001000	17.60
		N12	10.00		14.55
		N13	10.00		16.90
		N14	10.00		15.55
		N15	10.00		18.80
150.0000	9000.00	N21	10.00	0.00001000	8.60
		N22	10.00		10.11
		N23	10.00		9.50
		N24	10.00		11.05
		N25	10.00		11.50

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada 10 mins.

Cuadro 52. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado
($\pm 0.0008min.$)	($\pm 0.05seg.$)		($\pm 0.06mL$)	($\pm 0.0000006m^3$)	($\pm 0.05seg.$)
160.0000	9600.00	N31	10.00	0.00001000	15.00
		N32	10.00		15.50
		N33	10.00		12.45
		N34	10.00		13.40
		N35	10.00		13.55
170.0000	10200.00	N41	10.00	0.00001000	12.45
		N42	10.00		8.60
		N43	10.00		10.11
		N44	10.00		14.55
		N45	10.00		17.60
180.0000	10800.00	N51	10.00	0.00001000	5.20
		N52	10.00		6.55
		N53	10.00		5.23
		N54	10.00		5.48
		N55	10.00		6.00
190.0000	11400.00	N61	10.00	0.00001000	7.00
		N62	10.00		6.55
		N63	10.00		6.30
		N64	10.00		7.58
		N65	10.00		7.23
200.0000	12000.00	N71	10.00	0.00001000	6.25
		N72	10.00		6.56
		N73	10.00		7.06
		N74	10.00		7.24
		N75	10.00		6.13
210.0000	12600.00	N81	10.00	0.00001000	5.20
		N82	10.00		7.05

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada 10 mins.

Cuadro 53. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado
($\pm 0.0008min.$)	($\pm 0.05seg.$)		($\pm 0.06mL$)	($\pm 0.0000006m^3$)	($\pm 0.05seg.$)
210.0000	12600.00	N83	10.00	0.00001000	5.55
		N84	10.00		6.93
		N85	10.00		5.00
220.0000	13200.00	N91	10.00	0.00001000	8.80
		N92	10.00		5.65
		N93	10.00		7.82
		N94	10.00		6.87
		N95	10.00		7.24
230.0000	13800.00	N101	10.00	0.00001000	4.50
		N102	10.00		6.78
		N103	10.00		7.00
		N104	10.00		5.56
		N105	10.00		6.87
240.0000	14400.00	N111	10.00	0.00001000	5.65
		N112	10.00		6.43
		N113	10.00		7.00
		N114	10.00		6.12
		N115	10.00		7.33
250.0000	15000.00	N121	10.00	0.00001000	6.56
		N122	10.00		7.58
		N123	10.00		5.23
		N124	10.00		7.05
		N125	10.00		5.55
260.0000	15600.00	N131	10.00	0.00001000	6.44
		N132	10.00		5.56

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada 10 mins.

Cuadro 54. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada hora.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado (± 0.05 seg.)
Segundos (± 0.05 seg.)	Horas (± 0.00001 hrs.)		(± 0.06 mL)	(± 0.00000006 m ³)	
19200.00	5.3330	O11	10.00	0.00001000	10.00
		O12	10.00		11.00
		O13	10.00		11.60
		O14	10.00		15.00
		O15	10.00		12.30
22800.00	6.3330	O21	10.00	0.00001000	12.30
		O22	10.00		13.80
		O23	10.00		14.00
		O24	10.00		12.00
		O25	10.00		10.30
26400.00	7.3330	O31	10.00	0.00001000	15.00
		O32	10.00		15.50
		O33	10.00		12.45
		O34	10.00		13.40
		O35	10.00		13.55
30000.00	8.3330	O41	10.00	0.00001000	13.40
		O42	10.00		13.55
		O43	10.00		12.45
		O44	10.00		8.60
		O45	10.00		10.11
33600.00	9.3330	O51	10.00	0.00001000	16.23
		O52	10.00		8.40
		O53	10.00		12.45
		O54	10.00		11.55
		O55	10.00		12.00
37200.00	10.3330	O61	10.00	0.00001000	7.00
		O62	10.00		6.55

Nota: Aquí, se presenta el volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada hora.

Cuadro 55. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado (± 0.05 seg.)
Segundos (± 0.05 seg.)	Horas (± 0.00001 hrs.)		(± 0.06 mL)	(± 0.0000006 m ³)	
37200.00	10.3330	O63	10.00	0.00001000	6.30
		O64	10.00		7.58
		O65	10.00		7.23
40800.00	11.3330	O71	10.00	0.00001000	10.30
		O72	10.00		15.00
		O73	10.00		15.50
		O74	10.00		12.45
		O75	10.00		13.40
44400.00	12.3330	O81	10.00	0.00001000	13.20
		O82	10.00		13.60
		O83	10.00		14.00
		O84	10.00		12.00
		O85	10.00		15.70
48000.00	13.3330	O91	10.00	0.00001000	8.80
		O92	10.00		5.65
		O93	10.00		7.82
		O94	10.00		6.87
		O95	10.00		7.24
51600.00	14.3330	O101	10.00	0.00001000	4.50
		O102	10.00		6.78
		O103	10.00		7.00
		O104	10.00		5.56
		O105	10.00		6.87
55200.00	15.3330	O111	10.00	0.00001000	14.00
		O112	10.00		12.00
		O113	10.00		10.30
		O114	10.00		15.00

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada hora.

Cuadro 56. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado (± 0.05 seg.)
Segundos (± 0.05 seg.)	Horas (± 0.00001 hrs.)		(± 0.06 mL)	(± 0.00000006 m ³)	
55200.00	15.3330	O115	10.00	0.00001000	15.50

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada hora.

Cuadro 57. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada once horas.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado (± 0.05 seg.)
Segundos (± 0.05 seg.)	Horas (± 0.00001 hrs.)		(± 0.06 mL)	(± 0.00000006 m ³)	
94800.00	26.3330	P11	10.00	0.00001000	13.50
		P12	10.00		10.27
		P13	10.00		12.35
		P14	10.00		15.00
		P15	10.00		13.55
134400.00	37.3330	P21	10.00	0.00001000	11.43
		P22	10.00		13.55
		P23	10.00		12.55
		P24	10.00		10.65
		P25	10.00		9.67
174000.00	48.3330	P31	10.00	0.00001000	15.23
		P32	10.00		11.86
		P33	10.00		11.24
		P34	10.00		10.80
		P35	10.00		9.45
213600.00	59.3330	P41	10.00	0.00001000	12.43
		P42	10.00		11.96
		P43	10.00		11.54
		P44	10.00		10.36
		P45	10.00		10.72

Nota: Aquí, se presenta el volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada once hrs.

Cuadro 58. Volumen de muestra y tiempo de llenado cada once horas, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Volumen		Tiempo de llenado ($\pm 0.05 \text{seg.}$)
Segundos ($\pm 0.05 \text{seg.}$)	Horas ($\pm 0.00001 \text{hrs.}$)		($\pm 0.06 \text{mL}$)	($\pm 0.00000006 \text{m}^3$)	
253200.00	70.3330	P51	10.00	0.00001000	15.78
		P52	10.00		13.28
		P53	10.00		11.37
		P54	10.00		10.34
		P55	10.00		11.06

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado para cada hora.

Cuadro 59. Tiempo que le toma tanto al agua destilada sin contaminar como a la contaminada de plomo II, ir de la marca “D” a “E” del viscosímetro.

Fluido	Prueba	Tiempo ($\pm 0.05 \text{seg.}$)
Agua destilada sin contaminar	1	268.00
	2	292.00
Agua destilada contaminada con plomo II	1	248.00
	2	257.00

Nota: Para ver la marca “D” y “E” del viscosímetro, ir a la sección de metodología, la Figura 19, página 58.

B. Cálculos de muestra

Cálculo 1. Kilogramos de nitrato de plomo ($Pb(NO_3)_2$) necesarios para la preparación de $0.002m^3$ (2L) de solución madre a 20ppm de plomo (Pb).

$$\frac{0.02g \text{ de Pb}}{1L} * \frac{1 \text{ mol de Pb}}{207.2 g \text{ de Pb}} * \frac{1 \text{ mol de Pb(NO}_3)_2}{1 \text{ mol de Pb}} * \frac{331.2 g \text{ de Pb(NO}_3)_2}{1 \text{ mol de Pb(NO}_3)_2} * 2L \text{ de solución} = 0.06392g \text{ de Pb(NO}_3)_2$$

$$0.06392g \text{ de Pb(NO}_3)_2 * \frac{1kg}{1000g} = \mathbf{0.00006392kg \text{ de Pb(NO}_3)_2}$$

Para el presente cálculo, se partió de la concentración a la que se deseaba llegar (20ppm de plomo Pb). Este peso se puede encontrar en el cuadro 17, página 89.

Cálculo 2. Preparación de dilución a 18ppm de plomo (Pb) a partir de la solución madre que está a 20ppm de plomo (Pb).

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{(18ppm)(25mL)}{(20ppm)}$$

$$V_1 = 22.5mL \text{ de solución madre.}$$

$$22.5mL \text{ de solución madre} * \frac{0.000001m^3}{1} = \mathbf{0.0000225m^3 \text{ de solución madre}}$$

Donde C_1 es la concentración inicial de la solución madre; V_1 es el volumen que se debe de tomar de la solución madre; C_2 es la concentración a la que se desea llegar; y V_2 es el volumen que tendrá la disolución. Es importante mencionar que a este volumen calculado se le suma la cantidad de agua destilada necesaria para completar el volumen final; que en este caso son $0.0000225m^3$ (25mL). Se ejecutó el mismo cálculo para la preparación de las demás disoluciones a concentraciones de: 20, 14, 12, 8 y 2 ppm de plomo (Pb). Estos resultados se encuentran en el Cuadro 67, página 150.

Cálculo 3. Porcentaje que representa la cáscara de banano en el fruto.

$$\frac{0.061kg \pm 0.000005 kg}{100} \quad \Bigg| \quad \frac{0.023kg \pm 0.000005 kg}{X}$$

$$X = 37.705\%$$

Se llevó a cabo el mismo cálculo para determinar el porcentaje que representa la cáscara de banano en los doce frutos que se estudiaron. Los pesos utilizados se encuentran en el Cuadro 13, página 86. Los resultados de este cálculo se ubican en el Cuadro 60, página 145. Es importante mencionar que para este procedimiento, se aplicó una regla de tres en la que se conocían tres valores y solo existía una incógnita.

Cálculo 4. Porcentaje de reducción en peso de la cáscara de banano luego de dos horas de secado.

$$\frac{50.289kg \pm 0.000005 kg}{100} \quad \Bigg| \quad \frac{43.369kg \pm 0.000005 kg}{X}$$

$$X = 86.239\%$$

$$100\% - 86.239\% = 13.761\%$$

$$\text{Porcentaje de reducción en peso} = 13.761\%$$

Se llevó a cabo el mismo cálculo para determinar el porcentaje de reducción en peso de la cáscara de banano para los demás tiempos de secado. Los pesos utilizados se encuentran en el Cuadro 14, página 87. Los resultados de este cálculo se ubican en el Cuadro 61, página 146. Es importante mencionar que para este procedimiento, se aplicó una regla de tres en la que se conocían tres valores y solo existía una incógnita.

Cálculo 5. Porcentaje retenido parcial en el tamiz 20. Se aplicó la ecuación 5 del marco teórico, página 27.

$$\text{Retenido Parcial (\%)} = \frac{\text{Retenido parcial}}{\sum \text{Retenidos parciales}} * 100$$

$$\text{Retenido Parcial (\%)} = \frac{1.410000\text{kg} \pm 0.000005\text{kg de resina en tamiz 1}}{6.090000\text{kg} \pm 0.000005\text{kg de resina totales}} * 100$$

$$\text{Retenido Parcial} = 23.15\%$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar el porcentaje retenido parcial en los tamices del No. 20-100. Dichos porcentajes se encuentran en el Cuadro 62, página 148. Además, los valores que se utilizan para estos cálculos se sitúan en el Cuadro 15, página 88.

Cálculo 6. Porcentaje retenido acumulado en el tamiz 30. Se aplicó la ecuación 4 del marco teórico, página 27.

$$\text{Retenido Acumulado (\%)} = \frac{\text{Retenido acumulado}}{\sum \text{Retenidos parciales}} * 100$$

$$\text{Retenido Acumulado (\%)} = \frac{1.410000\text{kg} \pm 0.000005\text{kg en tamiz 1} + 1.070000\text{kg} \pm 0.000005\text{kg en tamiz 2}}{6.090000\text{kg} \pm 0.000005\text{kg de resina totales}} * 100$$

$$\text{Retenido Acumulado} = 40.722\%$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar el porcentaje retenido acumulado en los tamices del 20, 45, 60, 80, 100 y base. Dichos porcentajes se encuentran en el Cuadro 62, página 148. Además, los valores que se utilizan para estos cálculos se sitúan en el Cuadro 15, página 88.

Cálculo 7. Porcentaje retenido acumulado que pasa en el tamiz 30. Se aplicó la ecuación 6 del marco teórico, página 27.

$$\textit{Retenido que Pasa (\%)} = 100 - \% \textit{ Retenido acumulado}$$

$$\textit{Retenido que Pasa (\%)} = 100 - 40.722\%$$

$$\textbf{\textit{Retenido que Pasa = 59.28\%}}$$

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para determinar el porcentaje retenido acumulado que pasa en los tamices del 20, 45, 60, 80, 100 y base. Dichos porcentajes se encuentran en el Cuadro 62, página 148. Además, los valores que se utilizan para estos cálculos se sitúan en el Cuadro 15, página 88.

Cálculo 8. Densidad aparente seca de la bioresina.

$$\rho_{\textit{aparente seca}} = m/v$$

$$\rho_{\textit{aparente seca}} = \frac{0.006100\textit{kg} \pm 0.000005\textit{kg}}{0.00001\textit{m}^3 \pm 0.00000006\textit{m}^3}$$

$$\rho_{\textit{aparente seca}} = \mathbf{610.000000\textit{kg/m}^3 \pm 0.000006\textit{kg/m}^3}$$

Donde m (kg) es la cantidad de bioresina, y m (m^3) es el volumen que ocupa la bioresina. Se tomó como volumen de referencia en la probeta $0.00001m^3$ (10mL). Por otro lado, los datos empleados para este cálculo se pueden encontrar en el Cuadro 19, página 90. Mientras que el resultado del mismo se sitúa en el Cuadro 66, página 150.

Cálculo 9. Concentración de adsorbato en la fase sólida en un tiempo determinado (q_t). Se hizo uso de la ecuación 2 del marco teórico, página 15.

$$q_t = \frac{V}{m}(C_o - C_t)$$

$$q_t = \frac{0.95L \pm 0.00006L}{80g \pm 0.0005g}(20 - 0.929)ppm \pm 0.187ppm$$

$$q_t = \mathbf{0.226mg/g \pm 0.201mg/g}$$

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para determinar la concentración de adsorbato en la fase sólida en un tiempo determinado (q_t) para los demás tiempos de contacto que están en los Cuadros 95 a 101, páginas 174 a 179. Estos resultados se ubican en los Cuadros 102 a 104, páginas 180 a 181. Es importante mencionar que los valores del volumen de solución y de la masa de la bioresina utilizada, se encuentran en los Cuadros 21 y 22, respectivamente, página 91.

Cálculo 10. Porcentaje de remoción de plomo (II) en la muestra de agua contaminada. Se aplicó la ecuación 3 del marco teórico, página 15.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{C_o - C_t}{C_o} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{(20 - 0.226)ppm \pm 0.187ppm}{20ppm} * 100$$

$$\% \text{ de remoción} = \mathbf{95.356 \pm 0.187}$$

Se ejecutó el mismo cálculo del porcentaje de remoción de plomo (II) para los demás tiempos de contacto que están en los Cuadros 103 a 105, páginas 180 a 181; al igual que los resultados del presente cálculo.

Cálculo 11. Determinación de la viscosidad del agua destilada contaminada con plomo II. Se aplicó la ecuación 22 del marco teórico, páginas 39 y 40.

$$\mu = t_s C_v \rho$$

$$\mu = (252.5s \pm 0.05s)(0.009896mm^2/s^2)(1000.00000kg/m^3) \left(\frac{0.000001m^2}{1mm^2} \right)$$

$$\mathbf{Viscosidad = 0.00250kg/m * s}$$

Para este procedimiento, se consideró el tiempo que le toma al fluido bajar desde la marca “D” a la marca “E” del viscosímetro (Ver Figura 19, página 58). La media de este tiempo se puede encontrar en el Cuadro 117, página 202. Además, se hace uso de la constante del viscosímetro, misma que se encuentra en la Figura 140, página 311. Por otro lado, es importante mencionar que los resultados del presente cálculo se encuentran en el Cuadro 118, página 202.

Cálculo 12. Determinación de altura del lecho sin expansión de bioresina a escala por similitud geométrica. Se hizo uso de la ecuación 7 del marco teórico, página 32.

$$H_p = \frac{D_p}{D_m} * H_m$$

$$H_p = \frac{1.25m}{0.117m \pm 0.0005m} * (0.2280m \pm 0.0005m)$$

$$\mathbf{H_p = 2.4359m \pm 0.0048m}$$

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para el escalamiento de la altura de la bioresina en la columna del sistema a escala. Estos resultados se ubican en el Cuadro 120, página 203. Los valores utilizados para este cálculo, se encuentran en el Cuadro 23, página 91.

Cálculo 13. Determinación del porcentaje de expansión de la bioresina. Se aplicó la ecuación 14 del marco teórico, página 34.

$$\% \text{ de expansión} = \frac{(h_m - h_s)}{h_m} * 100$$

$$\% \text{ de expansión} = \frac{(0.095m \pm 0.0005m - 0.085m \pm 0.0005m)}{0.095m \pm 0.0005m} * 100$$

$$\% \text{ de expansión} = \mathbf{10.5263 \pm 0.0709}$$

Para este procedimiento se hizo uso de los valores que se encuentran en el Cuadro 20, página 90. Al tratarse de la misma bioresina, este cálculo es el mismo tanto para la columna a escala laboratorio como el de su escalamiento. El resultado se encuentra en el Cuadro 66, página 150.

Cálculo 14. Conversión de gramos a metro cúbico de bioresina.

$$0.080000g \pm 0.000005kg \text{ de bioresina} * \frac{1m^3}{610.000000kg \pm 0.000006kg}$$

$$\mathbf{Volumen \text{ de bioresina} = 0.00013115m^3 \pm 0.00009836m^3}$$

Se realizó el mismo procedimiento para establecer el volumen que ocupa tanto la piedra pómez como el agua a tratar en la columna a escala laboratorio. Con los volúmenes de cada componente, se obtiene la capacidad mínima que debe de tener la columna del sistema. La cantidad de resina utilizada se encuentra en el Cuadro 22, página 91; y el cálculo de la densidad aparente seca se encuentra en el cálculo 8, página 127. Mientras que los resultados del presente cálculo, se ubican en el Cuadro 119, página 202.

Cálculo 15. Proporción de bioresina en la columna a escala laboratorio.

$0.00173715m^3 \pm 0.00009836m^3$ <i>totales</i>	$0.00013115m^3 \pm 0.00009836m^3$ <i>de bioresina</i>
100	X

$$X = 7.550\% \pm 0.008\%$$

Se llevó a cabo el mismo cálculo para determinar el porcentaje que representa tanto la piedra pómez como el agua a tratar en la columna a escala laboratorio. Los volúmenes utilizados se encuentran en el Cuadro 119, página 202. Los resultados de este cálculo se ubican en el mismo cuadro. Es importante mencionar que para este procedimiento, se aplicó una regla de tres en la que se conocían tres valores y solo existía una incógnita.

Cálculo 16. Altura que ocupa bioresina en la columna a escala laboratorio. Se aplicó la ecuación 12 del marco teórico, página 34.

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0.00013115m^3 \pm 0.00009836m^3 \text{ de bioresina}}{\pi \left(\frac{0.117m \pm 0.0005m}{2} \right)^2}$$

$$h = 0.0122m \pm 0.0075m$$

Los valores empleados para este cálculo se encuentran en el Cuadro 119, página 202 (para el volumen que ocupa la bioresina); y en el Cuadro 23, página 91 (para el diámetro de la columna a escala laboratorio). Mientras que el resultado del mismo, se puede ubicar en el Cuadro 120, página 203.

Cálculo 17. Expansión del lecho en la columna a escala. Se hizo uso de la ecuación 15 del marco teórico, página 34 y 35.

$$E_{Max.} = h_{IR} * (\% \text{ de expansión})$$

$$E_{Max.} = 0.1303m \pm 0.0061m * (10.5263\% \pm 0.0709\%)$$

$$\mathbf{E_{Max.} = 0.0137m \pm 0.6753m}$$

Se realizó el mismo procedimiento para establecer la expansión del lecho en la columna a escala laboratorio. Es importante destacar que el subíndice “IR” hace referencia a la altura que ocupa solo la bioresina. Los valores utilizados se encuentran en el Cuadro 120, página 203. Los resultados del presente procedimiento se ubican en el mismo cuadro.

Cálculo 18. Altura de lecho hinchado a escala. Se aplicó la ecuación 16 del marco teórico, página 35.

$$h_{lex.} = h_l + E_{Max.}$$

$$h_{lex.} = (2.4359m \pm 0.0048m) + (0.0137m \pm 0.6753m)$$

$$\mathbf{h_{lex.} = 2.4496m \pm 0.6753m}$$

Se ejecutó el mismo cálculo para determinar la altura del lecho hinchado a escala laboratorio. Es importante destacar que el subíndice “l” hace referencia a la altura que ocupan todos los componentes de la columna sin considerar el factor de seguridad. Los valores utilizados se encuentran en el Cuadro 120, página 203. Los resultados del presente procedimiento se ubican en el mismo cuadro.

Cálculo 19. Altura de la columna a escala con factor de seguridad.

$$H_{p+20\%} = (2.4496m \pm 0.6753m) + (2.4496m \pm 0.6753m) * (20\% \text{ de seguridad})$$

$$H_{p+20\%} = \mathbf{2.9395m \pm 0.6753m}$$

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para determinar la altura total de la columna a escala laboratorio. Tanto los valores utilizados como los resultados del presente cálculo se encuentran en el Cuadro 120, página 203.

Cálculo 20. Relación de esbeltez para columna del sistema a escala. Se aplicó la ecuación 13 del marco teórico, página 34.

$$\frac{h_T}{D}$$

$$\frac{2.9395m \pm 0.6753m}{1.25m}$$

$$\frac{h_T}{D} = \mathbf{2.3516 \pm 0.6753}$$

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para la relación de esbeltez de la columna del sistema a escala laboratorio. Para este cálculo, se tomó en consideración la altura total de la columna del sistema, la cual incluye la altura del lecho y el factor de seguridad. Los valores utilizados se encuentran en el Cuadro 120, página 203. Los resultados del presente procedimiento se ubican en el mismo cuadro.

Cálculo 21. Área de la columna del sistema a escala. Se hizo uso de la ecuación 11 del marco teórico, página 33.

$$A_p = 2\pi(rh + r^2)$$

$$A_p = 2\pi \left[\left(\frac{1.25m}{2} \right) * (2.9395m \pm 0.6753m) + \left(\frac{1.25m}{2} \right)^2 \right]$$

$$A_c = 13.9979m^2 \pm 0.0046m^2$$

Se realizó el mismo procedimiento para la determinación del área de paso de la columna del sistema a escala laboratorio. Los resultados del presente cálculo se encuentran en el Cuadro 120, página 203. Es importante mencionar que para el diámetro de la columna a escala, se utilizó como referencia uno ya existente para filtros de carbón activado de la empresa DESOTEC (Ver Figura 142, página 313). Sin embargo, las medidas experimentales de la columna a escala laboratorio se ubican en el Cuadro 23, página 91.

Cálculo 22. Determinación del volumen de la columna del sistema a escala.

$$V_p = \pi r^2 h$$

$$V_p = \pi \left(\frac{1.25m}{2} \right)^2 * 2.9395m \pm 0.6753m$$

$$V_p = 3.6074m^3 \pm 0.6753m^3$$

Para este procedimiento, se hizo uso de la fórmula del volumen de un cilindro. Se ejecutó el mismo cálculo para determinar el volumen de la columna del sistema a escala laboratorio. Para este análisis, se requirió el diámetro de la columna del sistema a escala, para el cual se utilizó como referencia uno ya existente para filtros de carbón activado de la empresa DESOTEC (Ver Figura 142, página 313). No obstante, el diámetro experimental de la columna del sistema a escala laboratorio se puede encontrar en el Cuadro 23, página 91.

Cálculo 23. Determinación del radio de nudillo para el cabezal toriesférico de la columna del sistema natural. Se aplicó la ecuación 18 del marco teórico, página 36.

$$r = 0.10D$$

$$r = 0.10(1.25m)$$

$$**r = 0.125m**$$

Para el presente cálculo, se hizo uso del diámetro que se estableció para la columna del sistema a escala. Los resultados de este cálculo se encuentran en el Cuadro 121, página 203.

Cálculo 24. Determinación de la altura de la parte recta para el cabezal toriesférico de la columna del sistema natural. Se aplicó la ecuación 19 del marco teórico, página 36.

$$h = 0.15D + t$$

$$h = 0.15(1.25m) + 0.0043m$$

$$**h = 0.02305m**$$

Para el presente análisis, se tomó en consideración el diámetro que se estableció para la columna del sistema a escala. Asimismo, es importante destacar que se hizo uso del espesor calculado en una tesis para una columna catiónica de lecho fijo para la potabilización de agua (Agamez, 2014). El resultado de este cálculo se encuentra en el Cuadro 121, página 203.

Cálculo 25. Determinación de la velocidad nominal del agua dentro de la tubería de acero estándar.

Figura 23. Pronóstico de velocidad nominal del fluido dentro de la tubería de acero estándar.

Densidad (kg/m ³)	Velocidad (m/s)
1600	2.4
800	3

Caudal	0.00639	m ³ /s
Densidad	1000.00000	kg/m ³
Viscosidad	0.00250	kg/m*s
Velocidad N=PRONOSTICO(C29,C12:C13,B12:B13)		

(Elaboración propia).

Para este caso, se realizó un pronóstico de las velocidades nominales para las densidades de 1600 kg/m³ y 800kg/m³ que se encuentran en la Figura 13 del marco teórico, página 38; para así obtener la velocidad nominal del agua, misma que posee una densidad de 1000 kg/m³. Los resultados de este cálculo, se encuentran en el Cuadro 122, página 204.

Cálculo 26. Área nominal de la tubería de acero estándar.

$$\text{Área Nominal} = \frac{\text{Caudal (m}^3/\text{s)}}{\text{Velocidad Nominal (m/s)}}$$

$$\text{Área Nominal} = \frac{0.00639 \text{ m}^3/\text{s}}{2.85000 \text{ m/s}}$$

$$\text{Área Nominal} = 0.00224\text{m}^2$$

Para este cálculo, se hizo uso del caudal a escala. El caudal utilizado para este cálculo es el propuesto para el filtro MOBICON 2000 CUBE, de la empresa DESOTEC (Ver Figura 142, página 313), el cual es un filtro móvil de carbón activado. Los resultados de este cálculo se ubican en el Cuadro 123, página 211.

Cálculo 27. Diámetro nominal de la tubería de acero estándar.

$$A = \frac{\pi * (D)^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{A * 4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{(0.00224m^2) * 4}{\pi}}$$

$$\mathbf{Diámetro Nominal = 0.05343m}$$

Para este procedimiento, se realizó el despeje para el diámetro del área de un círculo. Es importante mencionar que tanto el área como el diámetro nominal, se encuentran en el Cuadro 122, página 204.

Cálculo 28. Radio nominal de la tubería de acero estándar.

$$Radio Nominal = \frac{Diámetro Nominal}{2}$$

$$Radio Nominal = \frac{0.05343m}{2}$$

$$\mathbf{Radio Nominal = 0.02671m}$$

Este procedimiento se realizó, sabiendo que el radio de un círculo es la mitad del diámetro. Los resultados de este cálculo, se sitúan en el Cuadro 122, página 204.

Cálculo 29. Área real de tubería de acero estándar.

$$A = \frac{\pi * (D)^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (0.05250m)^2}{4}$$

$$\mathbf{A = 0.00216m^2}$$

Para este cálculo, se hizo uso de la ecuación del área de un círculo. Además, es importante destacar que se hizo uso del diámetro interior real de la tubería, el cual se obtuvo de la Figura 126 que se encuentra en la página 298. Los datos utilizados para este procedimiento, así como el resultado del mismo, se encuentran en el Cuadro 122, página 204.

Cálculo 30. Velocidad real del agua dentro de la tubería de acero estándar.

$$Velocidad Real = \frac{Caudal (m^3/s)}{\text{Área real (m}^2\text{)}}$$

$$Velocidad Real = \frac{0.00639m^3/s}{0.00216 m^2}$$

$$\mathbf{Velocidad Real = 2.95112m/s}$$

Para la determinación de la velocidad real, se hizo uso del caudal que tendría la columna del sistema a escala, y el área real encontrada en el cálculo 29, página 138. El resultado del presente cálculo, se puede encontrar en el Cuadro 122, página 204.

Cálculo 31. Determinación de número de Reynolds. Se hizo uso de la ecuación 21 del marco teórico, página 39.

$$\text{Número de Reynolds} = \frac{D_{iR} * V_R * \rho}{\mu}$$

$$\text{Número de Reynolds} = \frac{(0.05250m)(2.95112m/s)(1000.00000kg/m^3)}{0.00250kg/m * s \pm 0.00020kg/m * s}$$

$$\text{Número de Reynolds} = \mathbf{62006.95804 \pm 0.00020}$$

Para este cálculo, se hizo uso del diámetro interior real de la tubería, el cual se obtuvo de la Figura 126 que se encuentra en la página 298. Asimismo, se utilizó la velocidad real, calculada en el cálculo 29, página 138; la densidad del fluido y la viscosidad, calculada en el cálculo 11, página 129. Tanto los datos empleados para la determinación del Número de Reynolds como el mismo, se ubican en el Cuadro 122, página 204.

Cálculo 32. Rugosidad relativa en tubería de acero estándar.

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{k}{D_{iR}}$$

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{0.00005m}{0.05250m}$$

$$\text{Rugosidad Relativa} = \mathbf{0.00087}$$

Sabiendo que el material de la tubería a manejar será de acero, la constante de rugosidad (k) es de 0.00005m, misma que se encontró en la Figura 127, página 299. Tanto el diámetro interior real de la tubería (D_{iR}), el cual se obtuvo de la Figura 126 que se encuentra en la página 298; como el resultado de este cálculo, se ubican en el Cuadro 122, página 204.

Cálculo 33. Determinación de largo asociado de accesorios.

$$Largo Asociado de Accesorios = D_{iR} * D_{eq.T}$$

$$Largo Asociado de Accesorios = 0.05250m * 345$$

$$\mathbf{Largo Asociado de Accesorios = 18.11311m}$$

Para este procedimiento, se hizo uso del diámetro interior real de la tubería, el cual se obtuvo de la Figura 126 que se encuentra en la página 298; y del diámetro equivalente total de accesorios en la tubería, los cuales se encuentran en la Figura 14, página 40. El resultado del presente cálculo, se encuentra en el Cuadro 123, página 211.

Cálculo 34. Largo total de tubería.

$$Largo Total de Tubería = L_{Sin Accs.} + L_{As. Accs.}$$

$$Largo Total de Tubería = 10.0000m + 18.11311m$$

$$\mathbf{Largo Total de Tubería = 28.11311m}$$

Se realizó el mismo procedimiento para el largo total de tubería de salida. Para este cálculo, se asumió el largo que tendría la tubería de entrada a la columna del sistema natural a escala. Y a este, se le sumó el largo asociado de accesorios que se obtuvo en el cálculo 33, página 140. Los resultados de este cálculo, se sitúan en el Cuadro 123, página 211.

Cálculo 35. Caída de presión en tubería de acero estándar. Se hizo uso de la ecuación 20 del marco teórico, página 39.

$$\Delta P_f = 8f \left(\frac{L}{d_i} \right) \frac{\rho u^2}{2}$$

$$\Delta P_f = 8(0.00480) \left(\frac{28.11311m}{0.0520m} \right) \frac{(1000.00000kg/m^3)(2.95112m/s)^2}{2}$$

$$\Delta P_f = \mathbf{89538.79668N/m^2}$$

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para la determinación de la caída de presión en la tubería de acero estándar de salida. Los datos utilizados se encuentran en el Cuadro 120, página 203 y también en el Cuadro 125, página 211. En este último se encuentra el resultado de este cálculo. Es importante mencionar que el factor de fricción de fanning se obtuvo de la lectura en el eje izquierdo (tras la intersección de las líneas del número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería de acero estándar) en el gráfico de la Figura 127, página 299.

Cálculo 36. Determinación de cabeza dinámica para bomba de entrada de la columna del sistema natural.

$$\frac{89538.79668N}{m^2} * \frac{1m^3}{1000.00000kg} * \frac{1s}{9.81m} = 9.12730m$$

$$\mathbf{Cabeza\ dinámica = 9.12730m}$$

Se realizó el mismo procedimiento para la determinación de la cabeza dinámica en la bomba a la salida de la columna del sistema natural. Para este cálculo, se consideró la caída de presión en la tubería calculada en el cálculo 35, página 141; y se multiplicó por la densidad del fluido y por la gravedad para realizar la conversión de N/m^2 a m. El resultado de este análisis, se puede encontrar en el Cuadro 128, página 212.

Cálculo 37. Determinación de cabeza estática para bomba de entrada de la columna del sistema natural.

$$dH = H_1 - H_2$$

$$dH = (1.60 - 0.8 + 2.9395 + 0.5)m$$

$$dH = 2.63954m$$

$$dP = P_1 - P_2$$

$$dP = (101325 - 101400)N/m^2$$

$$dP = \frac{75N}{m^2} * \frac{1m^3}{1000.0000kg} * \frac{1s}{9.81m} = 0.00765m$$

$$Cabeza\ estática = (2.63954 + 0.00765)m$$

$$**Cabeza\ estática = 2.6471m**$$

Es importante destacar que, en esta ocasión se asumió que el agua contaminada que entrará a la columna del sistema proviene de un tanque que está montado sobre una estructura de 1.60m y que este está abierto a la atmósfera, de manera que la presión de este será la atmosférica. Por otro lado, la altura dos es el alto de la columna del sistema natural aunado a la altura que tendrían los soportes y la tubería de entrada. Es importante aclarar que se trata de una columna que funciona por gravedad.

Es importante tener en consideración que el dimensionamiento de esta bomba se realizó de acuerdo a los supuestos planteados anteriormente con la finalidad de hacer una demostración de cómo deben de ser los cálculos. De manera que el dimensionamiento de las bombas dependerá de la necesidad de cada cliente y de la ubicación de la columna del sistema natural propuesto. El resultado de este cálculo se encuentra en el Cuadro 125, página 211.

Cálculo 38. Determinación de cabeza total de bomba de entrada de la columna del sistema natural.

$$\text{Cabeza total} = \text{Cabeza dinámica} + \text{cabeza estática}$$

$$\text{Cabeza total} = (9.12730 + 2.64718)m$$

$$\text{Cabeza total} = \mathbf{11.77448m}$$

Los resultados del presente cálculo se pueden encontrar en el Cuadro 126, página 211.

C. Análisis de error

Cálculo 39. Media del pH final de la bioresina en agua destilada. Se hizo uso de la ecuación 23 del marco teórico, página 46.

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{(5.34 + 5.43 + 5.37 + 5.40 + 5.39)}{5}$$

$$\bar{x} = \mathbf{5.386 \text{ de pH.}}$$

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para determinar la media del pH inicial de la bioresina en agua destilada; así como también para las medias de la concentración de plomo II en cada corrida. Los datos utilizados para este cálculo se encuentran en el Cuadro 19, página 90. Mientras que los resultados obtenidos, se sitúan en el Cuadro 64, página 149.

Cálculo 40. Desviación estándar del pH final de la bioresina en agua destilada. Se hizo uso de la ecuación 24 del marco teórico, página 46.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(5.34 - 5.386)^2 + (5.43 - 5.386)^2 + (5.37 - 5.386)^2 + (5.40 - 5.386)^2 + (5.39 - 5.386)^2}{5 - 1}}$$

$$s = 0.0336$$

Se realizó el mismo cálculo para determinar la desviación estándar del pH inicial de la bioresina en agua destilada; así como también para las medias de la concentración de plomo II en cada corrida. Los datos utilizados en este procedimiento se encuentran en el Cuadro 19, página 90. Mientras que los resultados obtenidos, se sitúan en el Cuadro 64, página 149.

Cálculo 41. Propagación de error de la concentración de adsorbato en diez minutos. Se aplicó la ecuación 26 del marco teórico, página 47.

$$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{s_c}{c}\right)^2}$$

$$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{0.00006L}{0.95L}\right)^2 + \left(\frac{0.005g}{80g}\right)^2 + \left(\frac{0.187ppm}{0.929ppm}\right)^2}$$

$$\frac{s_y}{y} = \pm 0.201mg/g.$$

Se llevó a cabo el mismo procedimiento para determinar la propagación de error de las demás muestras obtenidas cada cierto tiempo. Tanto los datos utilizados para este cálculo como sus respectivas incertidumbres se encuentran en los Cuadros 102 a 104, páginas 183 a 184.

D. Datos calculados

Cuadro 60. Porcentaje que representa la cáscara de banano en todo el fruto.

No. de banano	Peso ($\pm 0.000005 \text{ kg}$)		Porcentaje de cáscara en el fruto de banano (%)
	Sin pelar	cáscara	
1	0.087000	0.026000	29.885
2	0.076000	0.030000	39.474
3	0.072000	0.028000	38.889
4	0.063000	0.024000	38.095
5	0.070000	0.027000	38.571
6	0.065000	0.026000	40.000
7	0.067000	0.026000	38.806
8	0.061000	0.023000	37.705
9	0.064000	0.025000	39.063
10	0.057000	0.021000	36.842
11	0.052000	0.018000	34.615
12	0.057000	0.021000	36.842
Media	0.065917	0.024583	37.399
Desviación Estándar	0.009491	0.003369	2.777

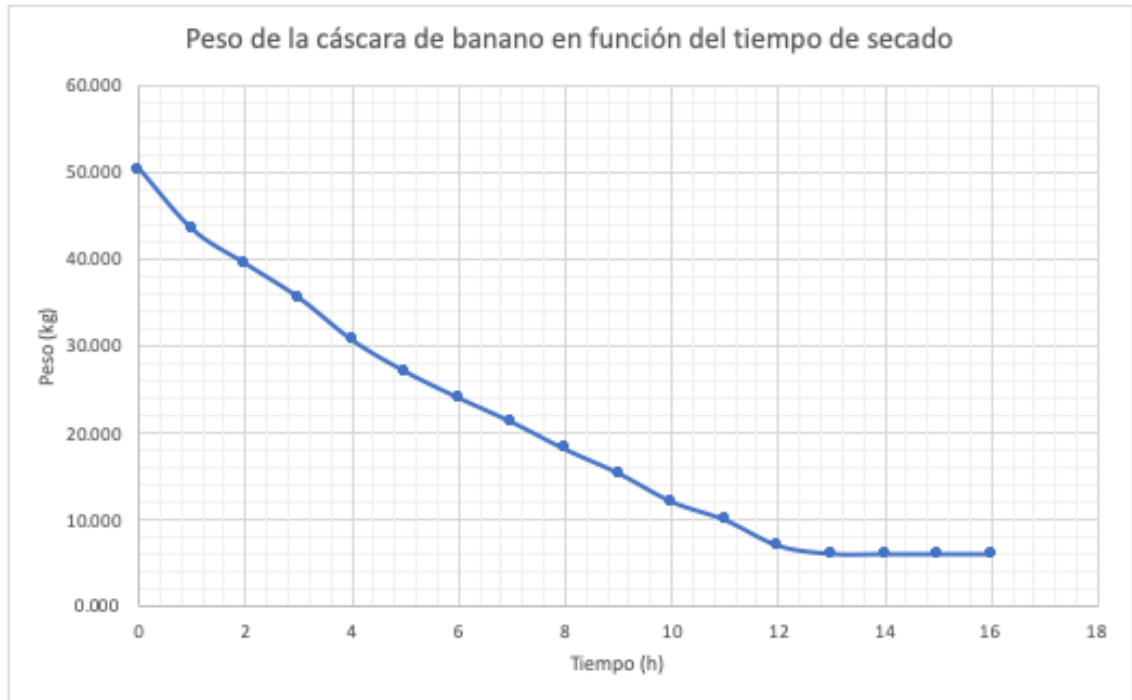
Nota: En este cuadro, se presenta el porcentaje que representa la cáscara de banano en el fruto con su respectiva media y desviación estándar.

Cuadro 61. Porcentaje de reducción en peso de la cáscara de banano en función del tiempo de secado.

Tiempo		Peso de cáscara de banano ($\pm 0.000005kg$)	Porcentaje de reducción en peso (%)
Horas	Segundos		
0	0	50.289000	0.000
1	3600	43.369000	13.760
2	7200	39.419000	21.615
3	10800	35.506000	29.396
4	14400	30.652000	39.048
5	18000	27.028000	46.255
6	21600	24.022000	52.232
7	25200	21.228000	57.788
8	28800	18.116000	63.976
9	32400	15.362000	69.453
10	36000	12.102000	75.935
11	39600	9.999000	80.117
12	43200	7.065000	85.951
13	46800	6.123000	87.824
14	50400	6.090000	87.890
15	54000	6.090000	87.890
16	57600	6.090000	87.890

Nota: En este cuadro, se presenta el porcentaje de reducción en peso que tuvo la cáscara de banano luego de someterse a calor durante 16 horas. Este procedimiento se realizó hasta que el peso de la cáscara de banano se mantuvo constante.

Figura 24. Curva experimental de la pérdida de peso de la cáscara de banano.



(Elaboración propia).

Nota: Esta gráfica se realizó con los datos del Cuadro 15, que se encuentra en la sección de datos originales, página 88.

Cuadro 62. Ensayo granulométrico.

Número de tamiz	Peso retenido de resina ($\pm 0.000005kg$)	Porcentaje retenido (%)		Porcentaje acumulado que pasa (%)
		Parcial	Acumulado	
20	1.41000	23.152709	23.152709	76.847291
30	1.070000	17.569787	40.722496	59.277504
45	0.130000	2.134647	42.857143	57.142857
60	0.780000	12.807882	55.665025	44.334975
80	0.800000	13.136289	68.801314	31.198686
100	0.720000	11.822660	80.623974	19.376026
Base	1.180000	19.376026	100.000000	0.000000
Suma	6.090000	100.000000		

Nota: En este cuadro, se presenta tanto el porcentaje retenido parcial y acumulado, como el acumulado que pasa para cada tamiz. Para este trabajo, el tamiz de interés fue el No. 30; de manera que se trabajó con un diámetro de partícula de $600\mu m$.

Cuadro 63. Media y desviación estándar de peso de bioresina para pruebas de pH y solubilidad para agua destilada.

Corrida	Peso ($\pm 0.000005kg$)
1	0.002000
2	0.002000
3	0.002000
4	0.002000
5	0.002000
Media	2.0000
Desviación Estándar	0.0000

Nota: En este cuadro, se encuentra la cantidad de bioresina utilizada para cada prueba de solubilidad y pH en agua destilada con su respectiva media y desviación estándar.

Cuadro 64. Media y desviación estándar del pH de bioresina en agua destilada.

Corrida	Temperatura (°C)		pH	
	Inicial	Final	Inicial	Final
1	25.30	25.0	5.29	5.34
2	25.80	25.60	5.38	5.43
3	26.20	25.80	5.42	5.37
4	25.90	25.90	5.4	5.4
5	25.80	26.00	5.44	5.39
Media	25.80	25.66	5.386	5.386
Desviación Estándar	0.324	0.397	0.058	0.034

Nota: Para la determinación de pH de bioresina en agua destilada, se medía el pH y temperatura al inicio de la agitación. Luego, se dejaba pasar un lapso de diez minutos en lo que la bioresina se asentaba. Al cumplir este tiempo, se medía nuevamente el pH y la temperatura.

Cuadro 65. Densidad aparente seca de resina.

Corrida	Probeta		Masa de resina seca ($\pm 0.000005kg$)	Densidad aparente seca ($\pm 0.000006kg/m^3$)
	Sin resina ($\pm 0.000005kg$)	Con resina ($\pm 0.000005kg$)		
1	0.070100	0.076200	0.006100	610.000000
2	0.070100	0.076200	0.006100	610.000000
3	0.070100	0.076200	0.006100	610.000000
4	0.070100	0.076200	0.006100	610.000000
5	0.070100	0.076200	0.006100	610.000000
Media	0.070100	0.076200	0.006100	610.000000
Desviación Estándar	0.0000	0.0000	0.0000	0.000

Nota: Este cuadro, contiene información del peso que tenía una probeta de 100mL vacía y cuando estaba tenía resina hasta un volumen conocido. Por diferencia de pesos, se obtuvo la masa de la resina seca. Al conocer el volumen que ocupa la bioresina en la probeta, se determinó la densidad aparente seca.

Por otro lado, es importante destacar que las “corridas” hacen referencia a cuántas veces se realizó el mismo procedimiento.

Cuadro 66. Expansión de bioresina.

Corrida	Altura de lecho ($\pm 0.0005m$)		Expansión ($\pm 0.0005m$)
	Seco	Mojado	
1	0.0850	0.0950	0.1053
2	0.0850	0.0950	0.1053
3	0.0850	0.0950	0.1053
4	0.0850	0.0950	0.1053
5	0.0850	0.0950	0.1053
Media	0.0850	0.0950	0.1053
Desviación Estándar	0.0000	0.0000	0.0000

Nota: Este cuadro, contiene información de la altura que tenía la bioresina tanto seca como mojada dentro de una probeta. Estos datos fueron utilizados para determinar el factor de expansión que tenía la bioresina.

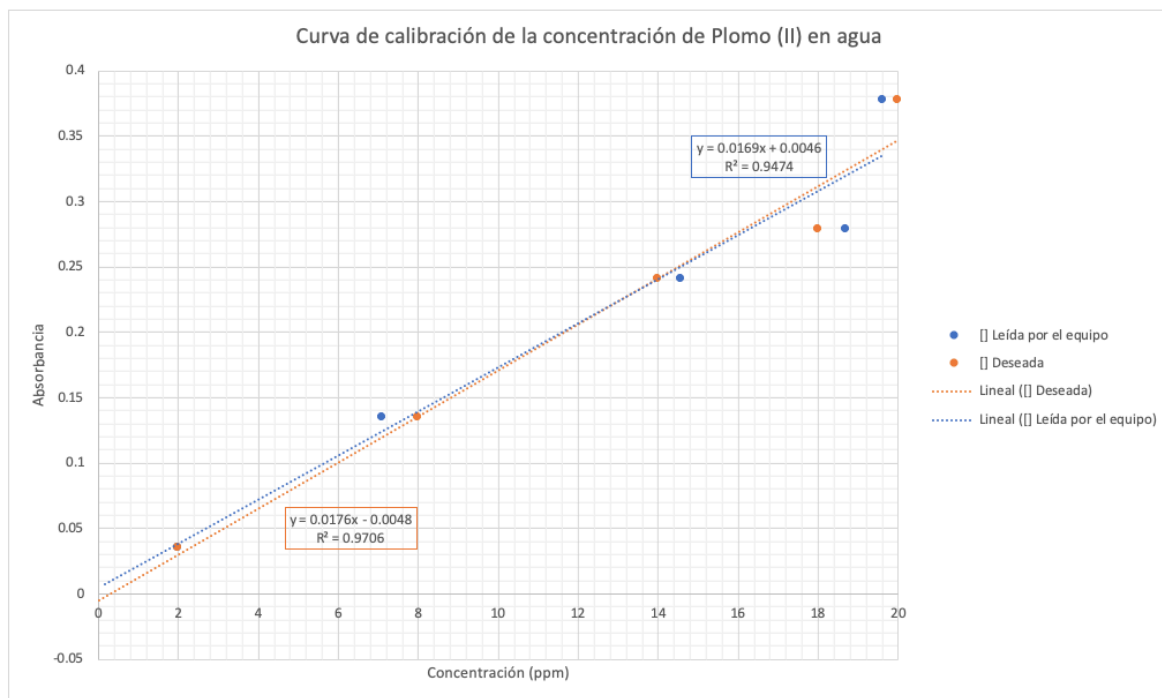
Por otro lado, es importante destacar que las “corridas” hacen referencia a cuántas veces se realizó el mismo procedimiento.

Cuadro 67. Diluciones de plomo (*Pb*) a partir de la solución madre que está a 20ppm de plomo (*Pb*) para elaboración de curva de calibración.

Estandar	Concentración deseada (ppm)	Volumen de solución madre		Volumen de agua destilada	
		($\pm 0.06mL$)	($\pm 0.00000006m^3$)	($\pm 0.06mL$)	($\pm 0.00000006m^3$)
1	20	25.00	0.00002500	0.00	0.00000000
2	18	22.50	0.00002250	2.50	0.00000250
3	14	19.44	0.00001944	5.55	0.00000555
4	12	21.43	0.00002143	3.57	0.00000357
5	8	16.67	0.00001667	8.33	0.00000833
6	2	6.25	0.00000625	18.75	0.00001875

Nota: El volumen de solución madre, hace referencia a la cantidad que se requería de la solución que está a 20ppm de plomo (*Pb*) para poder obtener la “Concentración deseada” en cada estándar. El volumen de agua destilada se obtuvo por diferencia, considerando que se estaba utilizando un balón aforado de 25mL.

Figura 25. Curva de calibración de la concentración de plomo (II) en agua.



(Elaboración propia).

Nota: Para esta Figura, se utilizaron los datos que se presentan en la sección de datos calculados, cuadro 68, página 151; obteniendo así la curva naranja. Mientras que para la curva azul (concentraciones leídas por el equipo), se tomaron en consideración los datos que se encuentran en la sección de fotografías de resultados obtenidos en el laboratorio de análisis instrumental avanzado, Figura 55, página 228.

Cuadro 68. Curva de calibración de la concentración de plomo (II) en agua.

Concentraciones	Ecuación de la recta	Coefficiente de correlación
Leída por el equipo	$y = 0.0169x - 0.0046$	0.947
Deseada	$y = 0.0176x - 0.0048$	0.971

Nota: Aquí se presentan tanto la ecuación de la recta como los coeficientes de correlación de las curvas de calibración experimental y teórica que se encuentran en la sección de anexos, en datos calculados, Figura 25, página 151.

Cuadro 69. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001\text{ppm}$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008\text{mins.}$)	($\pm 0.05\text{seg.}$)				
10.0000	600.00	M11	0.793	0.854	0.065
			0.847		
			0.922		
		M12	0.756	0.768	0.011
			0.778		
			0.769		
		M13	0.931	0.773	0.141
			0.726		
			0.662		
		M14	1.217	1.182	0.035
			1.147		
			1.183		
		M15	0.954	1.067	0.241
			0.904		

Nota: Este cuadro, contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos con su respectiva media y desviación estándar, donde esta última es la propagación de error de la media de las concentraciones de plomo en cada muestra.

Cuadro 70. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)				
10.0000	600.00	M15	1.344	1.067	0.241
20.0000	1200.00	M21	0.76	0.773	0.053
			0.832		
			0.728		
		M22	0.784	0.797	0.032
			0.833		
			0.774		
		M23	0.806	0.812	0.070
			0.885		
			0.746		
		M24	0.966	0.881	0.077
			0.863		
			0.815		
		M25	0.743	0.736	0.006
			0.732		
			0.734		
30.0000	1800.00	M31	0.998	0.853	0.127
			0.798		
			0.763		
		M32	0.687	0.714	0.023
			0.73		
			0.724		
		M33	0.719	0.720	0.009
			0.711		
			0.729		
		M34	0.722	0.732	0.009

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 71. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)				
30.0000	1800.00	M34	0.733	0.732	0.009
			0.741		
		M35	0.699	0.673	0.024
			0.651		
			0.669		
		40.0000	2400.00	M41	0.698
0.707					
0.709					
M42	0.663			0.712	0.059
	0.696				
	0.777				
M43	0.732			0.718	0.014
	0.704				
	0.719				
M44	0.822			0.806	0.037
	0.764				
	0.832				
M45	0.648			0.679	0.027
	0.694				
	0.695				
50.0000	3000.00	M71	0.692	0.701	0.011
			0.698		
			0.713		
		M72	0.677	0.673	0.007
			0.665		
			0.678		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 72. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)				
50.0000	3000.00	M73	0.723	0.697	0.039
			0.716		
			0.653		
		M74	0.850	0.803	0.063
			0.828		
			0.731		
		M75	0.666	0.726	0.066
			0.797		
			0.716		
60.0000	3600.00	M81	0.661	0.726	0.058
			0.746		
			0.772		
		M82	0.679	0.688	0.057
			0.635		
			0.749		
		M83	0.650	0.638	0.029
			0.605		
			0.660		
		M84	0.743	0.721	0.045
			0.750		
			0.669		
		M85	0.610	0.835	0.206
			0.878		
			1.016		
70.0000	4200.00	M61	0.685	0.702	0.019
			0.699		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 73. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar		
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)						
70.0000	4200.00	M61	0.722	0.702	0.019		
		M62	0.754				
			0.729				
			0.722				
		M63	0.694	0.694	0.000		
			0.694				
			0.694				
		M64	0.617	0.647	0.032		
			0.642				
			0.681				
		M65	0.749	0.755	0.006		
			0.757				
			0.760				
		80.0000	4800.00	M101	0.651	0.665	0.012
					0.669		
0.674							
M102	0.641			0.667	0.064		
	0.740						
	0.620						
M103	0.623			0.630	0.008		
	0.628						
	0.638						
M104	0.680			0.727	0.127		
	0.870						
	0.630						
M105	0.621			0.630	0.010		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 74. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)				
80.0000	4800.00	M105	0.640	0.630	0.010
			0.628		
90.0000	5400.00	M51	0.690	0.672	0.020
			0.675		
			0.650		
		M52	0.671	0.655	0.014
			0.651		
			0.643		
		M53	0.683	0.678	0.009
			0.667		
			0.683		
		M54	0.674	0.619	0.078
			0.530		
			0.653		
M55	0.693	0.660	0.029		
	0.645				
	0.641				
100.0000	6000.00	M91	0.641	0.660	0.017
			0.670		
			0.670		
		M92	0.678	0.677	0.004
			0.680		
			0.672		
		M93	0.639	0.641	0.022
			0.620		
			0.663		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 75. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar				
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)								
100.0000	6000.00	M94	0.618	0.630	0.030				
			0.608						
			0.665						
		M95	0.647	0.641					
			0.627						
			0.648						
110.0000	6600.00	M111	0.584	0.622	0.033				
			0.637						
			0.645						
		M112	0.561	0.561		0.016			
			0.545						
			0.576						
		M113	0.602	0.691			0.130		
			0.840						
			0.63						
		M114	0.654	0.669				0.068	
			0.610						
			0.744						
		M115	0.586	0.588					0.006
			0.595						
			0.583						
120.0000	7200.00	M121	0.583	0.657	0.119				
			0.593						
			0.794						
		M122	0.549	0.552		0.008			
			0.562						

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 76. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar		
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)						
120.0000	7200.00	M122	0.546	0.552	0.008		
		M123	0.547	0.535	0.019		
			0.513				
			0.546				
		M124	0.518	0.521	0.029		
			0.552				
			0.494				
		M125	0.779	0.814	0.061		
			0.778				
			0.885				
		130.0000	7800.00	M131	0.524	0.553	0.033
					0.589		
0.546							
M132	0.560			0.566	0.045		
	0.524						
	0.613						
140.0000	8400.00	N11	1.161	1.120	0.036		
			1.093				
			1.011				
		N12	2.368	2.380	0.029		
			2.413				
			2.359				
		N13	2.109	2.127	0.016		
			2.139				
			2.132				
		N14	1.419	1.409	0.023		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 77. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)				
140.0000	8400.00	N14	1.425	1.409	0.023
			1.382		
		N15	0.742	0.744	0.007
			0.739		
			0.752		
		150.0000	9000.00	N21	2.092
2.083					
2.082					
N22	2.796			2.829	0.045
	2.812				
	2.880				
N23	2.824			2.853	0.026
	2.863				
	2.873				
N24	2.513			2.553	0.048
	2.540				
	2.606				
N25	2.779			2.743	0.034
	2.712				
	2.737				
160.0000	9600.00	N31	1.971	1.964	0.036
			1.925		
			1.996		
		N32	1.806	1.839	0.031
			1.866		
			1.847		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 78. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)				
160.0000	9600.00	N33	3.186	3.180	0.006
			3.182		
			3.173		
		N34	2.049	2.058	0.014
			2.074		
			2.052		
		N35	2.236	2.246	0.0084
			2.251		
			2.250		
170.0000	10200.00	N41	2.063	2.038	0.022
			2.028		
			2.023		
		N42	2.060	2.061	0.006
			2.068		
			2.055		
		N43	2.057	2.065	0.058
			2.126		
			2.011		
		N44	1.930	1.931	0.019
			1.912		
			1.951		
		N45	2.101	2.098	0.022
			2.075		
			2.118		
180.0000	10800.00	N51	1.630	1.666	0.038
			1.706		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 79. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001\text{ppm}$)	Media	Desviación estándar		
($\pm 0.0008\text{mins.}$)	($\pm 0.05\text{seg.}$)						
180.0000	10800.00	N51	1.661	1.666	0.038		
		N52	1.639	1.690	0.045		
			1.706				
			1.726				
		N53	1.911	1.921	0.034		
			1.959				
			1.892				
		N54	1.813	1.835	0.020		
			1.853				
			1.838				
		N55	1.929	1.851	0.068		
			1.821				
			1.802				
		190.0000	11400.00	N61	1.606	1.599	0.019
					1.577		
1.614							
N62	1.947			1.969	0.019		
	1.977						
	1.982						
N63	1.896			1.893	0.017		
	1.908						
	1.874						
N64	1.812			1.840	0.024		
	1.851						

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 80. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001\text{ppm}$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008\text{mins.}$)	($\pm 0.05\text{seg.}$)				
190.0000	11400.00	N64	1.857	1.840	0.024
		N65	1.920	1.871	0.047
			1.869		
			1.825		
200.0000	12000.00	N71	1.979	1.962	0.025
			1.933		
			1.975		
		N72	1.984	1.989	0.048
			2.039		
			1.944		
		N73	1.863	1.857	0.044
			1.898		
			1.810		
		N74	2.212	2.226	0.038
			2.197		
			2.269		
N75	1.938	1.920	0.016		
	1.909				
	1.913				
210.0000	12600.00	N81	2.236	2.242	0.022
			2.223		
			2.266		
		N82	2.196	2.187	0.023
			2.161		
			2.204		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 81. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)				
210.0000	12600.00	N83	2.323	2.362	0.043
			2.355		
			2.409		
		N84	2.313	2.313	0.026
			2.287		
			2.340		
		N85	2.260	2.258	0.034
			2.290		
			2.223		
220.0000	13200.00	N91	2.440	2.459	0.024
			2.450		
			2.486		
		N92	2.272	2.277	0.028
			2.307		
			2.251		
		N93	2.577	2.579	0.011
			2.570		
			2.591		
		N94	2.518	2.533	0.043
			2.581		
			2.499		
		N95	2.553	2.579	0.031
			2.571		
			2.614		
230.0000	13800.00	N101	2.793	2.784	0.031
			2.749		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 82. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar		
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)						
230.0000	13800.00	N101	2.809	2.784	0.031		
		N102	3.041	2.693	0.554		
			2.055				
			2.984				
		N103	3.042	2.972	0.064		
			2.959				
			2.916				
		N104	2.883	2.909	0.029		
			2.903				
			2.940				
		N105	2.830	2.797	0.038		
			2.805				
			2.755				
		240.0000	14400.00	N111	3.323	3.313	0.014
					3.319		
3.297							
N112	3.356			3.351	0.016		
	3.363						
	3.333						
N113	3.172			3.143	0.027		
	3.139						
	3.119						
N114	3.126			3.172	0.040		
	3.191						
	3.200						
N115	3.188			3.210	0.034		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 83. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
($\pm 0.0008mins.$)	($\pm 0.05seg.$)				
240.0000	14400.00	N115	3.249	3.210	0.034
			3.193		
250.0000	15000.00	N121	3.502	3.440	0.059
			3.403		
			3.394		
		N122	2.208	2.208	0.038
			2.246		
			2.170		
		N123	3.187	3.233	0.042
			3.241		
			3.270		
		N124	3.463	3.480	0.016
			3.495		
			3.482		
N125	3.396	3.401	0.015		
	3.417				
	3.3889				
260.0000	15600.00	N131	3.425	3.447	0.023
			3.446		
			3.471		
		N132	3.535	3.562	0.036
			3.603		
			3.549		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada diez minutos.

Cuadro 84. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada hora.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
19200.00	5.33300	O11	1.690	1.675	0.017
			1.657		
			1.679		
		O12	1.947	1.955	0.016
			1.945		
			1.974		
		O13	1.717	1.734	0.016
			1.748		
			1.737		
		O14	2.120	2.110	0.011
			2.111		
			2.098		
		O15	1.903	1.888	0.016
			1.890		
			1.872		
22800.00	6.33300	O21	2.092	2.043	0.043
			2.011		
			2.026		
		O22	2.360	2.387	0.024
			2.395		
			2.405		
		O23	1.919	1.914	0.008
			1.905		
			1.917		
		O24	1.727	1.696	0.032
			1.663		
			1.698		

Nota: Este cuadro, contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora con su respectiva media y desviación estándar, donde esta última es la propagación de error de la media de las concentraciones de plomo en cada muestra.

Cuadro 85. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
22800.00	6.33300	O25	1.723	1.709	0.022
			1.683		
			1.720		
26400.00	7.33300	O31	3.775	3.840	0.060
			3.854		
			3.892		
		O32	3.399	3.393	0.034
			3.423		
			3.356		
		O33	3.235	3.287	0.051
			3.290		
			3.337		
		O34	3.323	3.354	0.035
			3.357		
			3.392		
		O35	2.943	2.962	0.033
			3		
			2.944		
30000.00	8.33300	O41	3.160	3.188	0.025
			3.197		
			3.207		
		O42	3.221	3.248	0.031
			3.282		
			3.242		
		O43	3.427	3.478	0.045
			3.512		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 86. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar		
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)						
30000.00	8.33300	O43	3.494	3.478	0.045		
		O44	3.441	3.458	0.030		
			3.441				
			3.493				
		O45	3.612	3.604	0.008		
			3.603				
			3.596				
		33600.00	9.33300	O51	3.248	3.269	0.020
					3.287		
3.271							
O52	3.371			3.399	0.039		
	3.287						
	3.443						
O53	3.449			3.481	0.035		
	3.519						
	3.475						
O54	3.594			3.586	0.023		
	3.560						
	3.604						
O55	3.440			3.382	0.070		
	3.305						
	3.402						
37200.00	10.33300	O61	2.029	2.027	0.008		
			2.019				
			2.034				
		O62	1.663	1.692	0.026		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 87. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
37200.00	10.33300	O62	1.697	1.692	0.026
			1.715		
		O63	1.594	1.584	0.010
			1.582		
			1.575		
		O64	1.770	1.813	0.038
			1.840		
			1.830		
		O65	1.852	1.830	0.020
			1.826		
			1.813		
		40800.00	11.33300	O71	2.205
2.186					
2.171					
O72	1.137			1.132	0.019
	1.111				
	1.147				
O73	2.238			2.230	0.055
	2.171				
	2.281				
O74	2.078			2.151	0.075
	2.228				
	2.147				
O75	2.369			2.389	0.029
	2.376				
	2.423				

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 88. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
44400.00	12.33300	O81	4.373	4.462	0.087
			4.466		
			4.547		
		O82	4.115	4.164	0.043
			4.186		
			4.191		
		O83	4.447	4.443	0.005
			4.438		
			4.445		
		O84	4.386	4.357	0.026
			4.347		
			4.338		
		O85	3.978	3.963	0.026
			3.933		
			3.979		
48000.00	13.33300	O91	4.265	4.344	0.069
			4.394		
			4.373		
		O92	4.715	4.729	0.031
			4.707		
			4.764		
		O93	4.707	4.720	0.034
			4.694		
			4.759		
		O94	4.772	4.733	0.034
			4.711		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 89. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
48000.00	13.33300	O94	4.716	4.733	0.034
		O95	4.429	4.413	0.017
			4.416		
			4.395		
51600.00	14.33300	O101	5.324	5.392	0.068
			5.460		
			5.393		
		O102	5.776	5.819	0.043
			5.818		
			5.862		
		O103	5.585	5.597	0.010
			5.600		
			5.605		
		O104	5.576	5.582	0.031
			5.554		
			5.615		
O105	5.481	5.538	0.052		
	5.548				
	5.584				
55200.00	15.33300	O111	5.598	5.572	0.023
			5.556		
			5.561		
		O112	5.981	6.078	0.087
			6.106		
			6.148		
O113	6.104	6.142	0.037		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 90. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
55200.00	15.33300	O113	6.144	6.142	0.037
			6.177		
		O114	5.951	6.000	0.043
			6.021		
			6.029		
		O115	6.023	6.076	0.055
			6.071		
			6.133		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada hora.

Cuadro 91. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada once horas.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación Estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
94800.00	26.33300	P11	9.699	9.659	0.076
			9.707		
			9.571		
		P12	8.860	8.921	0.073
			9.001		
			8.901		
		P13	9.326	9.224	0.100
			9.220		
			9.127		
		P14	9.267	9.280	0.020
			9.270		

Nota: Este cuadro, contiene la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada 11 horas con su respectiva media y desviación estándar, donde esta última es la propagación de error de la media de las concentraciones de plomo en cada muestra.

Cuadro 92. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada once horas, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
94800.00	26.33300	P14	9.303	9.280	0.020
		P15	9.412		
			9.460	9.431	0.026
			9.420		
134400.00	37.33300	P21	10.460	10.513	0.050
			10.520		
			10.560		
		P22	10.840	10.813	0.031
			10.820		
			10.780		
		P23	10.750	10.880	0.141
			10.860		
			11.030		
		P24	10.860	10.943	0.104
			10.910		
			11.060		
P25	10.900	10.947	0.040		
	10.970				
	10.970				
174000.00	48.33300	P31	11.500	11.597	0.134
			11.540		
			11.750		
		P32	12.050	12.037	0.042
			12.070		
			11.990		
P33	12.010	12.050	0.087		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada 11 horas.

Cuadro 93. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada once horas, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
174000.00	48.33300	P33	11.990	12.050	0.087
			12.150		
		P34	12.370	12.290	0.139
			12.370		
			12.130		
		P35	12.150	12.197	0.045
			12.240		
			12.200		
		213600.00	59.33300	P41	11.960
12.000					
12.190					
P42	12.820			12.783	0.064
	12.820				
	12.710				
P43	12.600			12.727	0.110
	12.780				
	12.800				
P44	12.570			12.747	0.159
	12.790				
	12.880				
P45	12.770			12.810	0.069
	12.770				
	12.890				
253200.00	70.33300	P51	12.240	12.247	0.012
			12.260		
			12.240		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada 11 horas.

Cuadro 94. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por corrida para cada once horas, continuación.

Tiempo de contacto		Corrida	Concentración de Plomo ($\pm 0.001ppm$)	Media	Desviación estándar
Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Horas ($\pm 0.00001horas$)				
253200.00	70.33300	P51	12.240	12.247	0.012
			12.260		
			12.240		
		P52	12.570	12.533	0.032
			12.520		
			12.510		
		P53	12.670	12.637	0.031
			12.630		
			12.610		
		P54	12.710	12.787	0.086
			12.770		
			12.880		
		P55	12.750	12.737	0.042
			12.770		
			12.690		

Nota: Este cuadro es la continuación del cuadro anterior, que contiene la media y la desviación estándar de la concentración de Plomo II en triplicado para cada muestra obtenida cada 11 horas.

Cuadro 95. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por tiempo de contacto cada diez minutos.

Tiempo de contacto		Media por corrida de la concentración de plomo (ppm)	Media por tiempo de la concentración de plomo (ppm)	Desviación estándar
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)			
10.0000	600.00	0.854	0.929	0.187
		0.768		
		0.773		
		1.182		
		1.067		
20.0000	1200.00	0.773	0.800	0.054
		0.797		
		0.812		
		0.881		
		0.736		
30.0000	1800.00	0.853	0.738	0.068
		0.714		
		0.720		
		0.732		
		0.673		
40.0000	2400.00	0.705	0.724	0.048
		0.712		
		0.718		
		0.806		
		0.679		
50.0000	3000.00	0.701	0.720	0.050
		0.673		
		0.697		
		0.803		
		0.726		
60.0000	3600.00	0.726	0.722	0.072
		0.688		
		0.638		
		0.721		
		0.835		
70.0000	4200.00	0.702	0.707	0.042
		0.735		
		0.694		
		0.647		
		0.755		
80.0000	4800.00	0.665	0.664	0.040
		0.667		
		0.630		
		0.727		
		0.630		

Nota: Este cuadro presenta la media y desviación estándar de las cinco muestras obtenidas por cada tiempo de contacto cada diez minutos.

Cuadro 96. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por tiempo de contacto cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Media por corrida de la concentración de plomo (ppm)	Media por tiempo de la concentración de plomo (ppm)	Desviación estándar
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)			
90.0000	5400.00	0.672	0.657	0.023
		0.655		
		0.678		
		0.619		
		0.660		
100.0000	6000.00	0.660	0.650	0.019
		0.677		
		0.641		
		0.630		
		0.641		
110.0000	6600.00	0.622	0.626	0.054
		0.561		
		0.691		
		0.669		
		0.588		
120.0000	7200.00	0.657	0.616	0.123
		0.552		
		0.535		
		0.521		
		0.814		
130.0000	7800.00	0.553	0.559	0.009
		0.566		
140.0000	8400.00	1.120	1.556	0.685
		2.380		
		2.127		
		1.409		
		0.744		
150.0000	9000.00	2.086	2.613	0.317
		2.829		
		2.853		
		2.553		
		2.743		
160.0000	9600.00	1.964	2.258	0.537
		1.840		
		3.180		
		2.058		
		2.246		

Nota: Continuación del cuadro anterior, el cual presenta la media y desviación estándar de las cinco muestras obtenidas por cada tiempo de contacto cada diez minutos.

Cuadro 97. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por tiempo de contacto cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Media por corrida de la concentración de plomo (ppm)	Media por tiempo de la concentración de plomo (ppm)	Desviación estándar
(±0.0008mins.)	(±0.05seg.)			
170.0000	10200.00	2.038	2.039	0.064
		2.061		
		2.065		
		1.931		
		2.098		
180.0000	10800.00	1.666	1.792	0.109
		1.690		
		1.921		
		1.835		
		1.851		
190.0000	11400.00	1.599	1.834	0.139
		1.969		
		1.893		
		1.840		
		1.871		
200.0000	12000.00	1.962	1.991	0.141
		1.989		
		1.857		
		2.226		
		1.920		
210.0000	12600.00	2.242	2.272	0.067
		2.187		
		2.362		
		2.313		
		2.258		
220.0000	13200.00	2.459	2.485	0.127
		2.277		
		2.579		
		2.533		
		2.579		
230.0000	13800.00	2.784	2.831	0.109
		2.693		
		2.972		
		2.909		
		2.797		
240.0000	14400.00	3.313	3.238	0.089
		3.351		
		3.143		
		3.172		
		3.210		

Nota: Continuación del cuadro anterior, el cual presenta la media y desviación estándar de las cinco muestras obtenidas por cada tiempo de contacto cada diez minutos.

Cuadro 98. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por tiempo de contacto cada diez minutos, continuación.

Tiempo de contacto		Media por corrida de la concentración de plomo (ppm)	Media por tiempo de la concentración de plomo (ppm)	Desviación estándar
(± 0.0008 mins.)	(± 0.05 seg.)			
250.0000	15000.00	3.433	3.151	0.535
		2.208		
		3.233		
		3.480		
		3.401		
260.0000	15600.00	3.447	3.505	0.081
		3.562		

Nota: Continuación del cuadro anterior, el cual presenta la media y desviación estándar de las cinco muestras obtenidas por cada tiempo de contacto cada diez minutos.

Cuadro 99. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por tiempo de contacto cada hora.

Tiempo de contacto		Media por corrida de la concentración de plomo (ppm)	Media por tiempo de la concentración de plomo (ppm)	Desviación estándar
Segundos (± 0.05 seg.)	Horas (± 0.00001 horas)			
19200.00	5.33300	1.675	1.873	0.174
		1.955		
		1.734		
		2.110		
		1.888		
22800.00	6.33300	2.043	1.950	0.284
		2.387		
		1.914		
		1.696		
		1.709		
26400.00	7.33300	3.840	3.367	0.314
		3.393		
		3.287		
		3.354		
		2.962		
30000.00	8.33300	3.188	3.395	0.172
		3.248		
		3.478		
		3.458		
		3.604		
33600.00	9.33300	3.269	3.423	0.118
		3.399		
		3.481		
		3.586		
		3.382		

Nota: Este cuadro presenta la media y desviación estándar de las cinco muestras obtenidas por cada tiempo de contacto cada hora.

Cuadro 100. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por tiempo de contacto cada hora, continuación.

Tiempo de contacto		Media por corrida de la concentración de plomo (ppm)	Media por tiempo de la concentración de plomo (ppm)	Desviación estándar
Segundos (±0.05seg.)	Horas (±0.00001horas)			
37200.00	10.33300	2.027	1.789	0.166
		1.692		
		1.584		
		1.813		
		1.830		
40800.00	11.33300	2.187	2.018	0.504
		1.132		
		2.230		
		2.151		
		2.389		
44400.00	12.33300	4.462	4.278	0.212
		4.164		
		4.443		
		4.357		
		3.963		
48000.00	13.33300	4.344	4.588	0.193
		4.729		
		4.720		
		4.733		
		4.413		
51600.00	14.33300	5.392	5.585	0.153
		5.819		
		5.5970		
		5.582		
		5.538		
55200.00	15.33300	5.572	5.974	0.230
		6.078		
		6.142		
		6.000		
		6.076		

Nota: Continuación del cuadro anterior, el cual presenta la media y desviación estándar de las cinco muestras obtenidas por cada tiempo de contacto cada hora.

Cuadro 101. Media y desviación estándar de la determinación de plomo por tiempo de contacto cada once horas.

Tiempo de contacto		Media por corrida de la concentración de plomo (ppm)	Media por tiempo de la concentración de plomo (ppm)	Desviación estándar
Segundos (± 0.05 seg.)	Horas (± 0.00001 horas)			
94800.00	26.33300	9.659	9.303	0.272
		8.921		
		9.224		
		9.280		
		9.431		
134400.00	37.33300	10.513	10.819	0.180
		10.813		
		10.880		
		10.943		
		10.947		
174000.00	48.33300	11.597	12.034	0.266
		12.037		
		12.050		
		12.290		
		12.197		
213600.00	59.33300	12.050	12.623	0.322
		12.783		
		12.727		
		12.747		
		12.810		
253200.00	70.33300	12.247	12.588	0.214
		12.533		
		12.637		
		12.787		
		12.737		

Nota: Este cuadro presenta la media y desviación estándar de las cinco muestras obtenidas por cada tiempo de contacto cada once horas.

Cuadro 102. Concentración de adsorbato en la fase sólida respecto a un determinado tiempo y porcentaje de remoción de plomo (II) cada diez minutos.

Tiempo de contacto		Concentración (ppm)		Concentración de adsorbato de equilibrio (mg/g)	Porcentaje de remoción (%)
Minutos ($\pm 0.0008mins.$)	Segundos ($\pm 0.05seg.$)	Inicial	Final		
10.0000	600.00	20	0.929 \pm 0.187	0.226 \pm 0.201	95.356 \pm 0.187
20.0000	1200.00		0.800 \pm 0.054	0.228 \pm 0.233	96.000 \pm 0.054
30.0000	1800.00		0.738 \pm 0.068	0.229 \pm 0.253	96.309 \pm 0.068
40.0000	2400.00		0.724 \pm 0.048	0.229 \pm 0.258	96.380 \pm 0.048
50.0000	3000.00		0.720 \pm 0.050	0.229 \pm 0.259	96.399 \pm 0.050
60.0000	3600.00		0.722 \pm 0.072	0.229 \pm 0.259	96.392 \pm 0.072
70.0000	4200.00		0.707 \pm 0.042	0.229 \pm 0.264	96.467 \pm 0.042
80.0000	4800.00		0.664 \pm 0.040	0.230 \pm 0.281	96.682 \pm 0.040
90.0000	5400.00		0.657 \pm 0.023	0.230 \pm 0.284	96.717 \pm 0.023
100.0000	6000.00		0.650 \pm 0.019	0.230 \pm 0.287	96.751 \pm 0.019
110.0000	6600.00		0.626 \pm 0.054	0.230 \pm 0.298	96.869 \pm 0.054
120.0000	7200.00		0.616 \pm 0.123	0.230 \pm 0.303	96.920 \pm 0.123
130.0000	7800.00		0.559 \pm 0.009	0.231 \pm 0.334	97.203 \pm 0.009
140.0000	8400.00		1.556 \pm 0.685	0.219 \pm 0.440	92.221 \pm 0.685
150.0000	9000.00		2.613 \pm 0.317	0.206 \pm 0.262	86.936 \pm 0.317
160.0000	9600.00		2.258 \pm 0.537	0.211 \pm 0.303	88.712 \pm 0.537
170.0000	10200.00		2.039 \pm 0.064	0.213 \pm 0.336	89.807 \pm 0.064
180.0000	10800.00		1.792 \pm 0.110	0.216 \pm 0.382	91.038 \pm 0.110
190.0000	11400.00		1.834 \pm 0.140	0.216 \pm 0.373	90.828 \pm 0.140
200.0000	12000.00		1.991 \pm 0.141	0.214 \pm 0.344	90.046 \pm 0.141
210.0000	12600.00		2.272 \pm 0.067	0.211 \pm 0.301	88.638 \pm 0.067
220.0000	13200.00		2.485 \pm 0.127	0.208 \pm 0.276	87.573 \pm 0.127
230.0000	13800.00		2.831 \pm 0.110	0.204 \pm 0.242	85.845 \pm 0.110
240.0000	14400.00		3.238 \pm 0.090	0.199 \pm 0.211	83.811 \pm 0.090
250.0000	15000.00		3.151 \pm 0.535	0.200 \pm 0.217	84.246 \pm 0.535
260.0000	15600.00		3.505 \pm 0.081	0.196 \pm 0.195	82.476 \pm 0.081

Nota: Pruebas de remoción de plomo II en agua contaminada, cada diez minutos.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 103. Concentración de adsorbato en la fase sólida respecto a un determinado tiempo y porcentaje de remoción de plomo (II) cada hora.

Tiempo de contacto		Concentración (ppm)		Concentración de adsorbato de equilibrio (mg/g)	Porcentaje de remoción (%)
Segundos ($\pm 0.05 \text{seg.}$)	Horas ($\pm 0.00001 \text{horas}$)	Inicial	Final		
19200.00	5.33300	20	1.873 \pm 0.174	0.215 \pm 0.093	90.637 \pm 0.174
22800.00	6.33300		1.950 \pm 0.284	0.214 \pm 0.089	90.252 \pm 0.284
26400.00	7.33300		3.367 \pm 0.314	0.198 \pm 0.052	83.163 \pm 0.314
30000.00	8.33300		3.395 \pm 0.172	0.197 \pm 0.051	83.024 \pm 0.172
33600.00	9.33300		3.423 \pm 0.118	0.197 \pm 0.051	82.883 \pm 0.118
37200.00	10.33300		1.789 \pm 0.166	0.216 \pm 0.097	91.054 \pm 0.166
40800.00	11.33300		2.018 \pm 0.504	0.214 \pm 0.086	89.911 \pm 0.504
44400.00	12.33300		4.278 \pm 0.212	0.187 \pm 0.041	78.610 \pm 0.212
48000.00	13.33300		5.588 \pm 0.193	0.183 \pm 0.038	77.061 \pm 0.193
51600.00	14.33300		5.585 \pm 0.153	0.171 \pm 0.031	72.073 \pm 0.153
55200.00	15.33300		5.874 \pm 0.230	0.167 \pm 0.029	70.132 \pm 0.230

Nota: Pruebas de remoción de plomo II en agua contaminada, cada hora.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

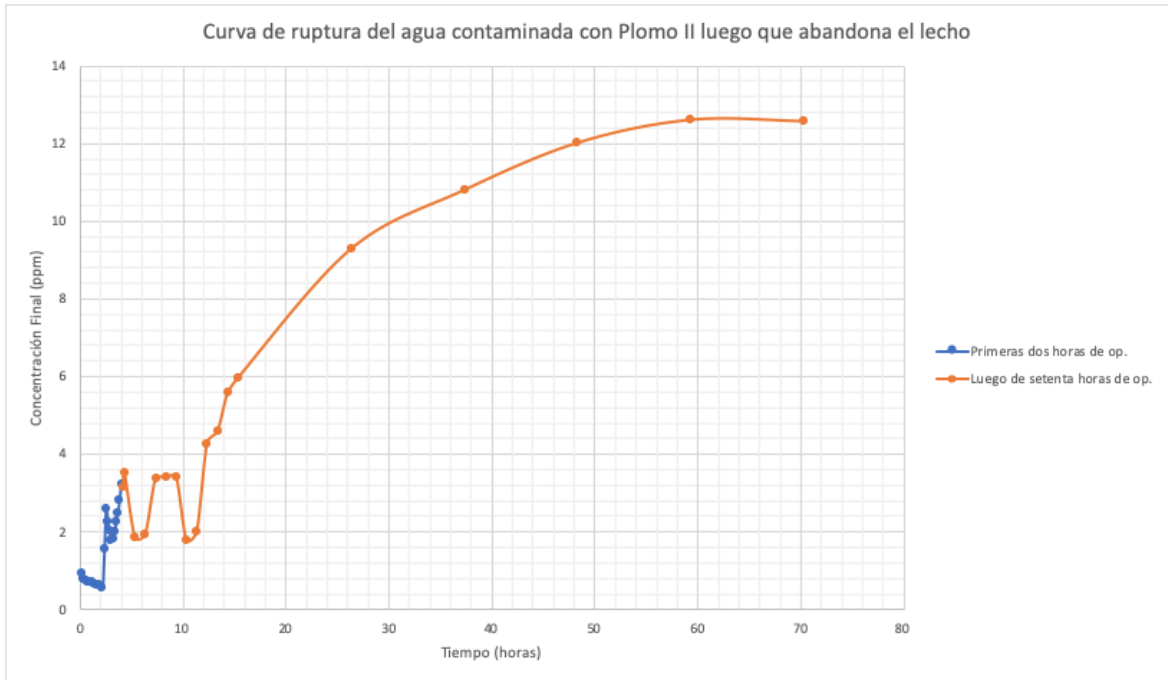
Cuadro 104. Concentración de adsorbato en la fase sólida respecto a un determinado tiempo y porcentaje de remoción de plomo (II) cada once horas.

Tiempo de contacto		Concentración (ppm)		Concentración de adsorbato de equilibrio (mg/g)	Porcentaje de remoción (%)
Segundos ($\pm 0.05 \text{seg.}$)	Horas ($\pm 0.00001 \text{horas}$)	Inicial	Final		
94800.00	26.33300	20	9.303 \pm 0.272	0.127 \pm 0.029	53.485 \pm 0.272
134400.00	37.33300		10.819 \pm 0.180	0.109 \pm 0.025	45.903 \pm 0.180
174000.00	48.33300		12.034 \pm 0.266	0.095 \pm 0.023	39.830 \pm 0.266
213600.00	59.33300		12.623 \pm 0.322	0.088 \pm 0.022	36.883 \pm 0.322
253200.00	70.33300		12.588 \pm 0.214	0.088 \pm 0.022	37.060 \pm 0.214

Nota: Pruebas de remoción de plomo II en agua contaminada, cada once horas.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Figura 26. Curva de ruptura del agua contaminada con 20ppm de Plomo II, luego que abandona el lecho, considerando todos los tiempos de contacto.



(Elaboración propia).

Nota: Esta es la curva de ruptura del agua contaminada con 20ppm de Plomo II, la cual se fue construyó con las concentraciones de los Cuadros 103 a 105 que se encuentran en anexos, datos calculados, páginas 180 a 181.

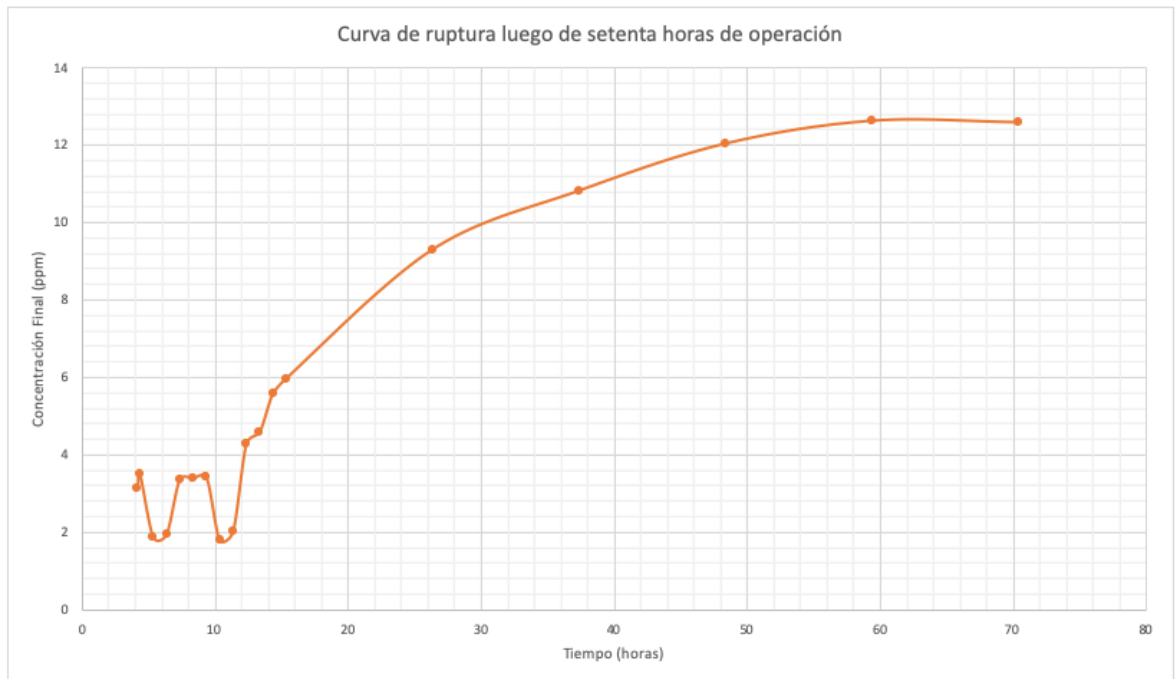
Figura 27. Curva de ruptura del agua contaminada con 20ppm de Plomo II, luego que abandona el lecho, considerando solo los tiempos de contacto de las primeras cuatro horas.



(Elaboración propia).

Nota: Esta Figura, es el principio de la curva de ruptura de la Figura 26, que se encuentra en anexos, en datos calculados, páginas 182. Esta representa la curva de ruptura en las primeras cuatro horas de operación de la columna del sistema natural. Además, es importante mencionar que esta se construyó con los las concentraciones del Cuadro 103 que se encuentran en anexos, datos calculados, páginas 180.

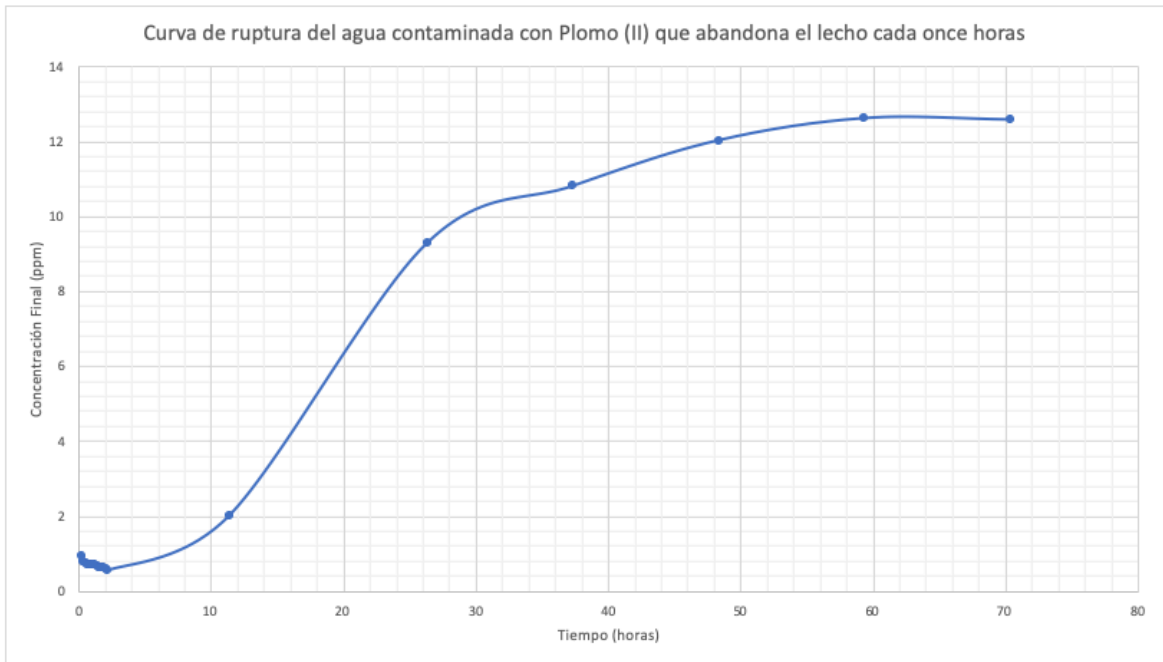
Figura 28. Curva de ruptura del agua contaminada con 20ppm de Plomo II, luego que abandona el lecho, considerando solo los tiempos de contacto a partir de las cuatro horas en adelante.



(Elaboración propia).

Nota: Esta Figura, es el final de la curva de ruptura de la Figura 26, que se encuentra en anexos, en datos calculados, páginas 185. Esta representa la curva de ruptura en luego de setenta horas de operación de la columna del sistema natural. Además, es importante mencionar que esta se construyó con los las concentraciones de los Cuadros 104 y 105, que se encuentran en anexos, cálculos de muestra, páginas 184 y 191.

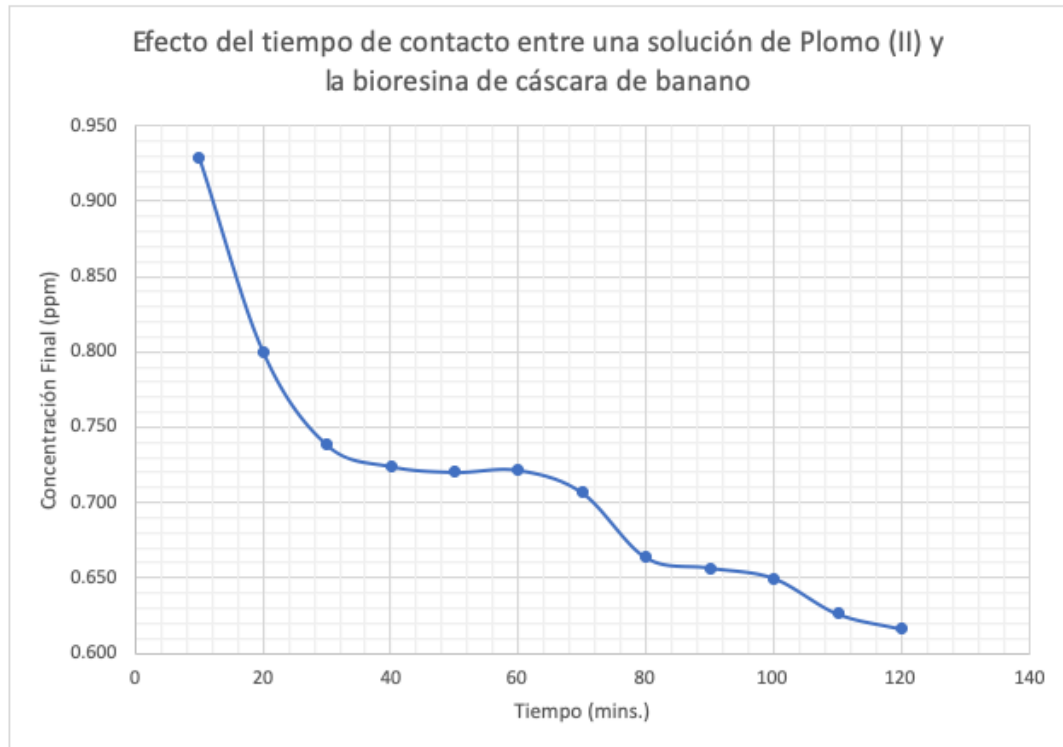
Figura 29. Curva de ruptura del agua contaminada con 20ppm de Plomo II, luego que abandona el lecho, considerando solo los tiempos de contacto de la primera hora y los de cada once horas.



(Elaboración propia).

Nota: Esta Figura, es la curva de ruptura del agua contaminada con 20ppm de Plomo II, en donde se toman en consideración solo las concentraciones de la primera hora de operación (Ver Cuadro 103, en anexos, en datos calculados, página 184) y las concentraciones de cada once horas (Ver Cuadros 104 y 105, en anexos, en datos calculados, páginas 184 y 191).

Figura 30. Efecto del tiempo de contacto entre una solución con 20ppm de Plomo (II) y la bioresina fabricada a partir de la cáscara de banano.



(Elaboración propia).

Nota: Esta Figura tiene como objetivo mostrar el efecto que tiene el tiempo cuando la solución de Plomo II está en contacto con la bioresina de cáscara de banano. Es importante mencionar que este gráfico se construyó solo con las primeras dos horas de operación de la columna del sistema natural a escala laboratorio. Estos datos se pueden encontrar en el Cuadro 103, en anexos, en datos calculados, página 184.

Figura 31. Variación de la adsorción con el tiempo de una solución con 20ppm de Plomo II que está en contacto con la bioresina fabricada a partir de la cáscara de banano.



(Elaboración propia).

Nota: Esta Figura tiene como objetivo mostrar cómo va cambiando la concentración de Plomo II en el adsorbato a medida que va avanzando el tiempo. Es importante mencionar que este gráfico se construyó solo con las primeras dos horas de operación de la columna del sistema natural a escala laboratorio. Estos datos se pueden encontrar en el Cuadro 103, en anexos, en datos calculados, página 184.

Cuadro 105. Media y desv. estándar del volumen y tiempo de llenado por cada diez minutos de contacto.

Tiempo de contacto (± 0.0008 min.)	Corrida	Volumen (± 0.0000006 m ³)	Media (± 0.0000000 m ³)	Tiempo de llenado (± 0.05 seg.)	Media	Desv. estándar
10.0000	M11	0.00001000	0.00001000	11.20	11.00	0.67
	M12	0.00001000		12.00		
	M13	0.00001000		10.30		
	M14	0.00001000		11.00		
	M15	0.00001000		10.50		
20.0000	M21	0.00001000	0.00001000	20.60	20.30	2.34
	M22	0.00001000		18.50		
	M23	0.00001000		22.00		
	M24	0.00001000		17.40		
	M25	0.00001000		23.00		
30.0000	M31	0.00001000	0.00001000	13.30	13.48	3.02
	M32	0.00001000		10.00		
	M33	0.00001000		11.70		
	M34	0.00001000		14.40		
	M35	0.00001000		18.00		
40.0000	M41	0.00001000	0.00001000	18.00	13.38	2.98
	M42	0.00001000		10.11		
	M43	0.00001000		14.00		
	M44	0.00001000		13.20		
	M45	0.00001000		11.60		
50.0000	M71	0.00001000	0.00001000	16.00	15.72	2.52
	M72	0.00001000		15.00		
	M73	0.00001000		19.80		
	M74	0.00001000		14.80		
	M75	0.00001000		13.00		
60.0000	M81	0.00001000	0.00001000	10.00	11.98	1.89
	M82	0.00001000		11.00		

Nota: Aquí, se presenta la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada 10 mins.

Cuadro 106. Media y desviación estándar del volumen y tiempo de llenado por cada diez minutos de contacto, continuación.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008min.$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.00000006m^3$)	Media ($\pm 0.00000000m^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05seg.$)	Media	Desv. estándar
60.0000	M83	0.00001000	0.00001000	11.60	11.98	1.89
	M84	0.00001000		15.00		
	M85	0.00001000		12.30		
70.0000	M61	0.00001000	0.00001000	13.80	12.70	1.62
	M62	0.00001000		14.00		
	M63	0.00001000		12.50		
	M64	0.00001000		10.00		
	M65	0.00001000		13.20		
80.0000	M101	0.00001000	0.00001000	13.60	14.26	1.64
	M102	0.00001000		14.00		
	M103	0.00001000		12.00		
	M104	0.00001000		15.70		
	M105	0.00001000		16.00		
90.0000	M51	0.00001000	0.00001000	14.50	12.06	1.79
	M52	0.00001000		12.22		
	M53	0.00001000		10.00		
	M54	0.00001000		11.00		
	M55	0.00001000		11.60		
100.0000	M91	0.00001000	0.00001000	10.11	12.05	1.91
	M92	0.00001000		14.00		
	M93	0.00001000		12.50		
	M94	0.00001000		10.00		
	M95	0.00001000		13.66		
110.0000	M111	0.00001000	0.00001000	12.30	12.48	1.51
	M112	0.00001000		13.80		
	M113	0.00001000		14.00		

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior de la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada 10 mins.

Cuadro 107. Media y desviación estándar del volumen y tiempo de llenado por cada diez minutos de contacto, continuación.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008min.$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.00000006m^3$)	Media ($\pm 0.00000000m^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05seg.$)	Media	Desv. estándar
110.0000	M114	0.00001000	0.00001000	12.00	12.48	1.51
	M115	0.00001000		10.30		
120.0000	M121	0.00001000	0.00001000	14.50	12.36	1.76
	M122	0.00001000		11.20		
	M123	0.00001000		12.00		
	M124	0.00001000		10.30		
	M125	0.00001000		13.80		
130.0000	M131	0.00001000	0.00001000	14.00	13.25	1.06
	M132	0.00001000		12.50		
140.0000	N11	0.00001000	0.00001000	17.60	16.68	1.67
	N12	0.00001000		14.55		
	N13	0.00001000		16.90		
	N14	0.00001000		15.55		
	N15	0.00001000		18.80		
150.0000	N21	0.00001000	0.00001000	6.60	10.15	1.17
	N22	0.00001000		10.11		
	N23	0.00001000		9.50		
	N24	0.00001000		11.05		
	N25	0.00001000		11.5		
160.0000	N31	0.00001000	0.00001000	15.00	13.98	1.25
	N32	0.00001000		15.50		
	N33	0.00001000		12.45		
	N34	0.00001000		13.40		
	N35	0.00001000		13.55		
170.0000	N41	0.00001000	0.00001000	12.45	12.66	3.57
	N42	0.00001000		8.60		

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior de la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada 10 mins.

Cuadro 108. Media y desviación estándar del volumen y tiempo de llenado por cada diez minutos de contacto, continuación.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008min.$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.0000006m^3$)	Media ($\pm 0.0000000m^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05seg.$)	Media	Desv. estándar
170.0000	N43	0.00001000	0.00001000	10.11	12.66	3.57
	N44	0.00001000		14.55		
	N45	0.00001000		17.60		
180.0000	N51	0.00001000	0.00001000	5.20	5.69	0.58
	N52	0.00001000		6.55		
	N53	0.00001000		5.23		
	N54	0.00001000		5.48		
	N55	0.00001000		6.00		
190.0000	N61	0.00001000	0.00001000	7.00	6.93	0.51
	N62	0.00001000		6.55		
	N63	0.00001000		6.30		
	N64	0.00001000		7.58		
	N65	0.00001000		7.23		
200.0000	N71	0.00001000	0.00001000	6.25	6.65	0.49
	N72	0.00001000		6.56		
	N73	0.00001000		7.06		
	N74	0.00001000		7.24		
	N75	0.00001000		6.13		
210.0000	N81	0.00001000	0.00001000	5.20	5.95	0.97
	N82	0.00001000		7.05		
	N83	0.00001000		5.55		
	N84	0.00001000		6.93		
	N85	0.00001000		5.00		
220.0000	N91	0.00001000	0.00001000	8.80	7.28	1.16
	N92	0.00001000		5.65		
	N93	0.00001000		7.82		

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior de la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada 10 mins.

Cuadro 109. Media y desviación estándar del volumen y tiempo de llenado por cada diez minutos de contacto, continuación.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008 \text{min.}$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.00000006 \text{m}^3$)	Media ($\pm 0.00000000 \text{m}^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05 \text{seg.}$)	Media	Desv. estándar
220.0000	N94	0.00001000	0.00001000	6.87	7.28	1.16
	N95	0.00001000		7.24		
230.0000	N101	0.00001000	0.00001000	4.50	6.14	1.08
	N102	0.00001000		6.78		
	N103	0.00001000		7.00		
	N104	0.00001000		5.56		
	N105	0.00001000		6.87		
240.0000	N111	0.00001000	0.00001000	5.65	6.51	0.67
	N112	0.00001000		6.43		
	N113	0.00001000		7.00		
	N114	0.00001000		6.12		
	N115	0.00001000		7.33		
250.0000	N121	0.00001000	0.00001000	6.56	6.39	0.99
	N122	0.00001000		7.58		
	N123	0.00001000		5.23		
	N124	0.00001000		7.05		
	N125	0.00001000		5.55		
260.0000	N131	0.00001000	0.00001000	6.44	6.00	0.62
	N132	0.00001000		5.56		

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior de la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada 10 mins.

Cuadro 110. Media y desviación estándar del tiempo de llenado por cada hora de contacto.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008min.$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.0000006m^3$)	Media ($\pm 0.0000000m^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05seg.$)	Media	Desv. estándar
320.0000	O11	0.00001000	0.00001000	10.00	11.98	1.89
	O12	0.00001000		11.00		
	O13	0.00001000		11.60		
	O14	0.00001000		15.00		
	O15	0.00001000		12.30		
380.0000	O21	0.00001000	0.00001000	12.30	12.48	1.51
	O22	0.00001000		13.80		
	O23	0.00001000		14.00		
	O24	0.00001000		12.00		
	O25	0.00001000		10.30		
440.0000	O31	0.00001000	0.00001000	15.00	13.98	1.25
	O32	0.00001000		15.50		
	O33	0.00001000		12.45		
	O34	0.00001000		13.40		
	O35	0.00001000		13.55		
500.0000	O41	0.00001000	0.00001000	13.40	11.62	2.18
	O42	0.00001000		13.55		
	O43	0.00001000		12.45		
	O44	0.00001000		8.60		
	O45	0.00001000		10.11		
560.0000	O51	0.00001000	0.00001000	16.23	12.13	2.18
	O52	0.00001000		8.40		
	O53	0.00001000		12.45		
	O54	0.00001000		11.55		
	O55	0.00001000		12.00		
620.0000	O61	0.00001000	0.00001000	7.00	6.93	0.51
	O62	0.00001000		6.55		

Nota: Aquí, se presenta la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada hora.

Cuadro 111. Media y desviación estándar del tiempo de llenado por cada hora de contacto, continuación.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008min.$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.0000006m^3$)	Media ($\pm 0.0000000m^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05seg.$)	Media	Desv. estándar
620.0000	O63	0.00001000	0.00001000	6.30	6.93	0.51
	O64	0.00001000		7.58		
	O65	0.00001000		7.23		
680.0000	O71	0.00001000	0.00001000	10.30	13.33	2.09
	O72	0.00001000		15.00		
	O73	0.00001000		15.50		
	O74	0.00001000		12.45		
	O75	0.00001000		13.40		
740.0000	O81	0.00001000	0.00001000	13.20	13.70	1.34
	O82	0.00001000		13.60		
	O83	0.00001000		14.00		
	O84	0.00001000		12.00		
	O85	0.00001000		15.70		
800.0000	O91	0.00001000	0.00001000	8.80	7.28	1.16
	O92	0.00001000		5.65		
	O93	0.00001000		7.82		
	O94	0.00001000		6.87		
	O95	0.00001000		7.24		
860.0000	O101	0.00001000	0.00001000	4.50	6.14	1.08
	O102	0.00001000		6.78		
	O103	0.00001000		7.00		
	O104	0.00001000		5.56		
	O105	0.00001000		6.87		
920.0000	O111	0.00001000	0.00001000	14.00	13.36	2.17
	O112	0.00001000		12.00		
	O113	0.00001000		10.30		
	O114	0.00001000		15.00		

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior de la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada hora.

Cuadro 112. Media y desviación estándar del tiempo de llenado por cada hora de contacto, continuación.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008min.$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.00000006m^3$)	Media ($\pm 0.00000000m^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05seg.$)	Media	Desv. estándar
920.0000	O115	0.00001000	0.00001000	15.05	13.36	2.17

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior de la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada hora.

Cuadro 113. Media y desviación estándar del tiempo de llenado por cada once horas de contacto.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008min.$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.00000006m^3$)	Media ($\pm 0.00000000m^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05seg.$)	Media	Desv. estándar
1580.0000	P11	0.00001000	0.00001000	13.500	12.93	1.76
	P12	0.00001000		10.27		
	P13	0.00001000		12.35		
	P14	0.00001000		15.00		
	P15	0.00001000		13.55		
2240.0000	P21	0.00001000	0.00001000	11.43	11.57	1.53
	P22	0.00001000		13.55		
	P23	0.00001000		12.55		
	P24	0.00001000		10.65		
	P25	0.00001000		9.67		
2900.0000	P31	0.00001000	0.00001000	15.23	11.72	2.15
	P32	0.00001000		11.86		
	P33	0.00001000		11.24		
	P34	0.00001000		10.80		
	P35	0.00001000		9.45		
3560.0000	P41	0.00001000	0.00001000	12.43	11.40	0.86
	P42	0.00001000		11.96		
	P43	0.00001000		11.54		
	P44	0.00001000		10.36		

Nota: Aquí, se presenta la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada once horas.

Cuadro 114. Media y desviación estándar del tiempo de llenado por cada once horas de contacto, continuación.

Tiempo de contacto ($\pm 0.0008min.$)	Corrida	Volumen ($\pm 0.0000006m^3$)	Media ($\pm 0.0000000m^3$)	Tiempo de llenado ($\pm 0.05seg.$)	Media	Desv. estándar
3560.0000	P45	0.00001000	0.00001000	10.72	11.40	0.86
4220.0000	P51	0.00001000	0.00001000	15.78	12.37	2.20
	P52	0.00001000		13.28		
	P53	0.00001000		11.37		
	P54	0.00001000		10.34		
	P55	0.00001000		11.06		

Nota: Aquí, se presenta la continuación del cuadro anterior de la media del volumen de cada muestra con su respectivo tiempo de llenado, el cual también tiene su media y desviación estándar, para cada once horas.

Cuadro 115. Determinación de caudal para llenado de muestras de la columna del sistema a escala laboratorio.

Tiempo de contacto		Tiempo de llenado		Caudal	
Segundos ($\pm 0.05 \text{ seg.}$)	Horas ($\pm 0.00001 \text{ hrs.}$)	Minutos	Segundos	(L/min)	(m^3/s)
600.00	0.16667	0.18 \pm 0.01	11.00 \pm 0.67	0.055 \pm 0.006	0.000001 \pm 0.0060845
1200.00	0.33333	0.34 \pm 0.04	20.30 \pm 2.34	0.030 \pm 0.006	0.0000005 \pm 0.0063003
1800.00	0.50000	0.22 \pm 0.05	13.48 \pm 3.02	0.045 \pm 0.007	0.0000007 \pm 0.0070699
2400.00	0.66667	0.22 \pm 0.05	13.38 \pm 2.98	0.045 \pm 0.007	0.0000007 \pm 0.0070579
3000.00	0.83333	0.26 \pm 0.04	15.72 \pm 2.52	0.038 \pm 0.007	0.0000006 \pm 0.0065698
3600.00	1.00000	0.20 \pm 0.03	11.98 \pm 1.89	0.050 \pm 0.007	0.0000008 \pm 0.0065494
4200.00	1.16667	0.21 \pm 0.03	12.70 \pm 1.62	0.047 \pm 0.006	0.0000008 \pm 0.0063649
4800.00	1.33333	0.24 \pm 0.03	14.26 \pm 1.64	0.042 \pm 0.006	0.0000007 \pm 0.0062975
5400.00	1.50000	0.20 \pm 0.03	12.06 \pm 1.79	0.050 \pm 0.006	0.0000008 \pm 0.0064919
6000.00	1.66667	0.20 \pm 0.03	12.054 \pm 1.91	0.050 \pm 0.007	0.0000008 \pm 0.0065544
6600.00	1.83333	0.21 \pm 0.03	12.48 \pm 1.51	0.048 \pm 0.006	0.0000008 \pm 0.0063280
7200.00	2.00000	0.21 \pm 0.03	12.36 \pm 1.76	0.049 \pm 0.006	0.0000008 \pm 0.0064517
7800.00	2.16667	0.22 \pm 0.03	13.25 \pm 1.06	0.045 \pm 0.006	0.0000008 \pm 0.0061465
8400.00	2.33333	0.28 \pm 0.03	16.68 \pm 1.67	0.036 \pm 0.006	0.0000006 \pm 0.0062287
9000.00	2.50000	0.17 \pm 0.02	10.15 \pm 1.17	0.059 \pm 0.006	0.0000010 \pm 0.0062991
9600.00	2.66667	0.23 \pm 0.02	13.98 \pm 1.25	0.043 \pm 0.006	0.0000007 \pm 0.0061812
10200.00	2.83333	0.21 \pm 0.06	12.66 \pm 3.57	0.047 \pm 0.008	0.0000008 \pm 0.0076219
10800.00	3.00000	0.09 \pm 0.01	5.69 \pm 0.58	0.105 \pm 0.006	0.0000018 \pm 0.0062333
11400.00	3.16667	0.12 \pm 0.01	6.93 \pm 0.51	0.087 \pm 0.006	0.0000014 \pm 0.0061262
12000.00	3.33333	0.11 \pm 0.01	6.65 \pm 0.49	0.090 \pm 0.006	0.0000015 \pm 0.0061237

Nota: Con el tiempo de llenado, se determinó el caudal para cada tiempo de contacto.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 116. Determinación de caudal para llenado de muestras de columna del sistema a escala laboratorio, continuación.

Tiempo de contacto		Tiempo de llenado		Caudal	
Segundos ($\pm 0.05\text{seg.}$)	Horas ($\pm 0.00001\text{hrs.}$)	Minutos	Segundos	(L/min)	(m^3/s)
12600.00	3.50000	0.10 \pm 0.02	5.95 \pm 0.97	0.101 \pm 0.007	0.0000017 \pm 0.0065920
13200.00	3.66667	0.12 \pm 0.02	7.28 \pm 1.16	0.082 \pm 0.007	0.0000014 \pm 0.0065666
13800.00	3.83333	0.10 \pm 0.02	6.14 \pm 1.08	0.098 \pm 0.007	0.0000016 \pm 0.0066833
14400.00	4.00000	0.11 \pm 0.01	6.51 \pm 0.67	0.092 \pm 0.006	0.0000015 \pm 0.0062426
15000.00	4.16667	0.11 \pm 0.02	6.39 \pm 0.99	0.094 \pm 0.007	0.0000016 \pm 0.0065329
15600.00	4.33333	0.10 \pm 0.01	6.00 \pm 0.62	0.100 \pm 0.06	0.0000017 \pm 0.0062440
19200.00	5.33300	0.20 \pm 0.03	11.98 \pm 1.89	0.050 \pm 0.007	0.0000008 \pm 0.0065494
22800.00	6.33300	0.21 \pm 0.03	12.48 \pm 1.51	0.048 \pm 0.007	0.0000008 \pm 0.0065079
26400.00	7.33300	0.23 \pm 0.02	13.98 \pm 1.25	0.043 \pm 0.006	0.0000007 \pm 0.0064080
30000.00	8.33300	0.19 \pm 0.04	11.62 \pm 2.18	0.052 \pm 0.007	0.0000009 \pm 0.0065822
33600.00	9.33300	0.20 \pm 0.04	12.13 \pm 2.18	0.049 \pm 0.007	0.0000008 \pm 0.0065367
37200.00	10.33300	0.12 \pm 0.01	6.93 \pm 0.51	0.087 \pm 0.008	0.0000014 \pm 0.0075227
40800.00	11.33300	0.22 \pm 0.03	13.33 \pm 2.09	0.045 \pm 0.006	0.0000008 \pm 0.0064474
44400.00	12.33300	0.23 \pm 0.02	13.70 \pm 1.35	0.044 \pm 0.006	0.0000007 \pm 0.0064243
48000.00	13.33300	0.12 \pm 0.02	7.28 \pm 1.16	0.083 \pm 0.007	0.0000014 \pm 0.0073953
51600.00	14.33300	0.10 \pm 0.02	6.14 \pm 1.08	0.098 \pm 0.008	0.0000016 \pm 0.0078885
55200.00	15.33300	0.22 \pm 0.04	13.36 \pm 2.17	0.045 \pm 0.006	0.0000007 \pm 0.0064454
94800.00	26.33300	0.22 \pm 0.03	12.93 \pm 1.76	0.046 \pm 0.006	0.0000008 \pm 0.0064148
134400.00	37.33300	0.19 \pm 0.03	11.57 \pm 1.53	0.052 \pm 0.007	0.0000009 \pm 0.0065143
174000.00	48.33300	0.20 \pm 0.04	11.72 \pm 2.15	0.051 \pm 0.007	0.0000009 \pm 0.0065020
213600.00	59.33300	0.19 \pm 0.01	11.40 \pm 0.86	0.053 \pm 0.007	0.0000009 \pm 0.0065289
253200.00	70.33300	0.21 \pm 0.04	12.37 \pm 2.20	0.049 \pm 0.006	0.0000008 \pm 0.0064524
Media		0.19 \pm 0.06	11.16 \pm 3.41	0.060 \pm 0.022	0.000001 \pm 0.0000003

Nota: Con el tiempo de llenado, se determinó el caudal para cada tiempo de contacto.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 117. Media y desviación estándar del tiempo que le toma tanto al agua destilada sin contaminar como a la contaminada de plomo II, ir de la marca “D” a “E” del viscosímetro.

Fluido	Prueba	Tiempo ($\pm 0.05 \text{seg.}$)	Media	Desviación Estándar
Agua destilada sin contaminar	1	268.00	280.00	16.97
	2	292.00		
Agua destilada contaminada con plomo II	1	248.00	252.50	6.36
	2	257.00		

Nota: Para ver la marca “D” y “E” del viscosímetro, ir a la sección de metodología, la Figura 19, página 58.

Cuadro 118. Determinación de la viscosidad tanto para el agua destilada sin contaminar como el agua contaminada de plomo II.

Fluido	Viscosidad (kg/m*s)
Agua destilada sin contaminar	0.00277 ± 0.00018
Agua destilada contaminada con plomo II	0.00250 ± 0.00020

Nota: Para la obtención de la viscosidad se tomó en consideración el tiempo que le toma tanto al agua destilada sin contaminar como a la contaminada de plomo II, ir de la marca “D” a “E” del viscosímetro. Y se hizo uso de otros parámetros proporcionados por el proveedor del viscosímetro (Ver Figura 140, en anexos, en información adicional, página 311).

Cuadro 119. Volúmenes de los componentes de la columna del sistema natural tanto a escala laboratorio como su escalamiento con sus respectivas proporciones.

Componentes	Proporciones de componentes (%)	Escala Laboratorio	Escalamiento
		Volúmenes (m^3)	
Piedra Pómez	37.763 ± 0.001	$0.00065600 \pm 0.000000001$	1.3465 ± 0.0001
Bioresina	7.550 ± 0.008	$0.00013115 \pm 0.00009836$	0.2692 ± 0.0010
Agua a Tratar	54.687 ± 0.001	$0.00095000 \pm 0.00000006$	1.9500
Capacidad Total de la Columna	100.000 ± 0.008	$0.00173715 \pm 0.00009836$	3.5657 ± 0.0001

Nota: El volumen del escalamiento fue de $3.5657m^3 \pm 0.0001m^3$. Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 120. Dimensionamiento de la columna del sistema natural tanto a escala laboratorio como su escalamiento.

Parámetro	Escala Laboratorio	Escalamiento
Porcentaje de expansión de bioresina (%)	10.5263±0.0709	10.5263±0.0709
Altura de bioresina (m)	0.0122±0.0075	0.1303±0.0061
Expansión de bioresina (m)	0.0013±0.9120	0.0137±0.6753
Altura del lecho sin expansión de bioresina (m)	0.2280±0.0005	2.4359±0.0048
Altura del lecho con expansión de bioresina (m)	0.2293±0.9120	2.4496±0.6753
Altura de lecho con factor de seguridad (m)	0.2751±0.9120	2.9395±0.6753
Relación de esbeltez (L/D)	2.3516±0.0331	2.3516±0.6753
Área de columna (m ²)	0.1226±0.0046	13.9979±0.0046
Volumen de columna (m ³)	0.0030±0.0331	3.6074±0.6753

Nota: Se consideró un factor del 20% para el escalamiento de la columna del sistema natural. Los valores que le siguen al ±, hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

Cuadro 121. Dimensionamiento de cabezales toriesféricos del tipo ASME FLANGED & DISHED.

Parámetros	Valor (m)
Diámetro	1.2500
Radio de corona	1.2500
Radio de nudillo	0.1250
Espesor	0.0043
Altura de parte recta	0.02305

Nota: Se hizo uso del espesor calculado en una tesis para una columna catiónica de lecho fijo para la potabilización de agua (Agamez, 2014).


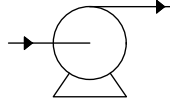




Cuadro 122. Dimensionamiento de tuberías estándar de acero.


Parámetros	Valor
Caudal (m^3/s)	0.00639
Viscosidad ($kg/m * s$)	0.00250 ± 0.00020
Velocidad Nominal (m/s)	2.85000
Área nominal (m^2)	0.00224
Radio nominal (m)	0.02671
Diámetro nominal	0.05343 <i>m</i>
	2.10335 <i>in</i>
Diámetro interior real	2.06700 <i>in</i>
	0.05250 <i>m</i>
Diámetro exterior	2.37500 <i>in</i>
	0.06032 <i>m</i>
Tamaño nominal de tubería	2.0000 <i>in</i>
	0.05080 <i>m</i>
Área (m^2)	0.00216
Velocidad real (m/s)	2.95112
Largo (m)	10.00000
Número de Reynolds	62006.95804 ± 0.00020
k	0.00015 <i>ft</i>
	0.00005 <i>m</i>
Rugosidad relativa (k/D)	0.00087
Factor de fricción Fanning	0.00480

Nota: Este dimensionamiento corresponde tanto a la tubería de entrada como de salida del escalamiento de la columna del sistema.

Los valores que le siguen al \pm , hacen referencia a la propagación de error de los resultados (desviación estándar de la media).

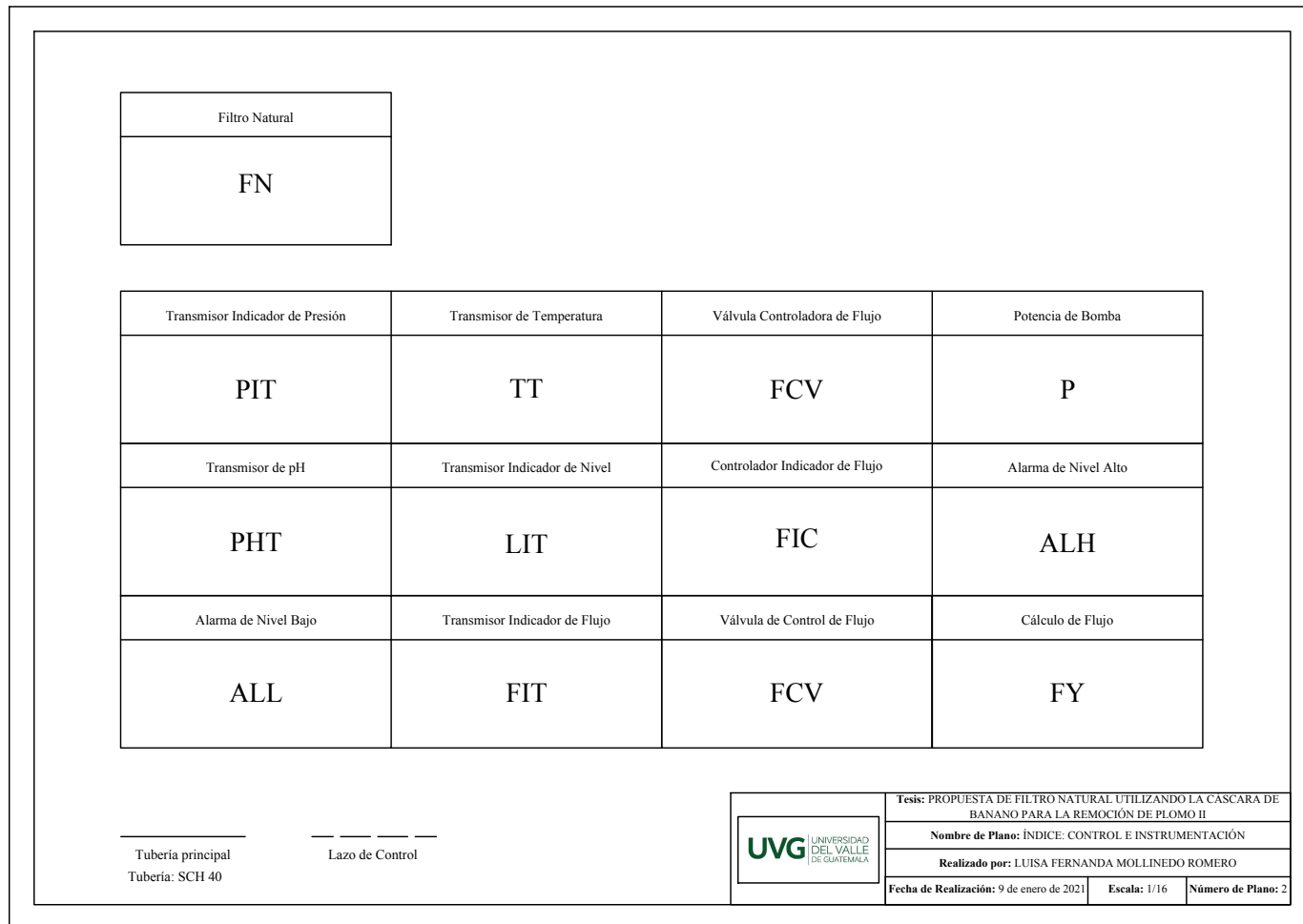
Figura 32. Índice: Equipos y Accesorios.

Filtro Natural	Bomba Centrífuga	Válvula de Globo Automática	Válvula de Globo Manual
			
Flujómetro	Tanque Pulmón de Alimentación		
			

	Tesis: PROPUESTA DE FILTRO NATURAL UTILIZANDO LA CASCARA DE BANANO PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO II		
	Nombre de Plano: ÍNDICE: EQUIPOS Y ACCESORIOS		
	Realizado por: LUISA FERNANDA MOLLINEDO ROMERO		
	Fecha de Realización: 9 de enero de 2021	Escala: 1/16	Número de Plano: 1

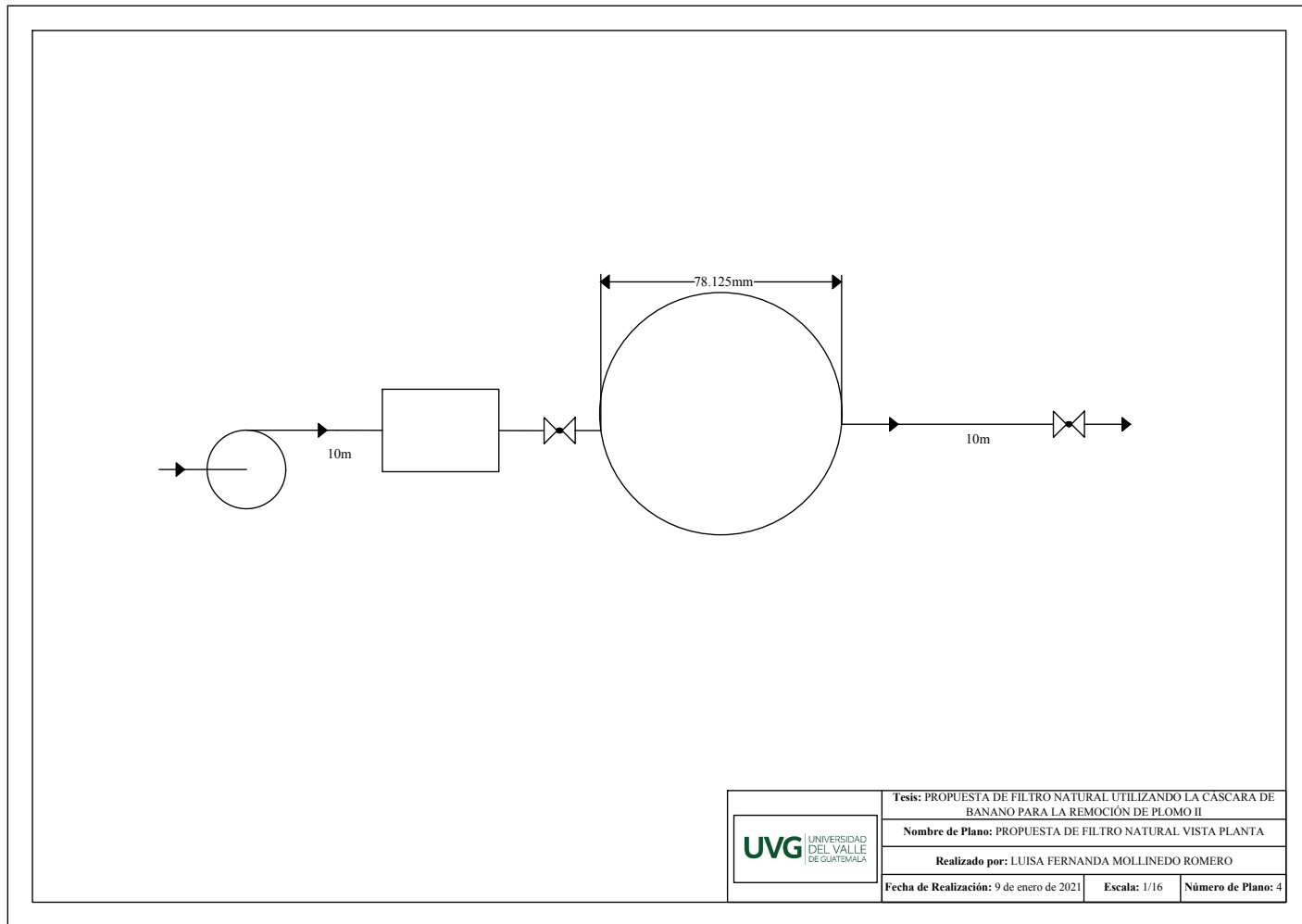
(Elaboración propia).

Figura 33. Índice: Control e instrumentación.



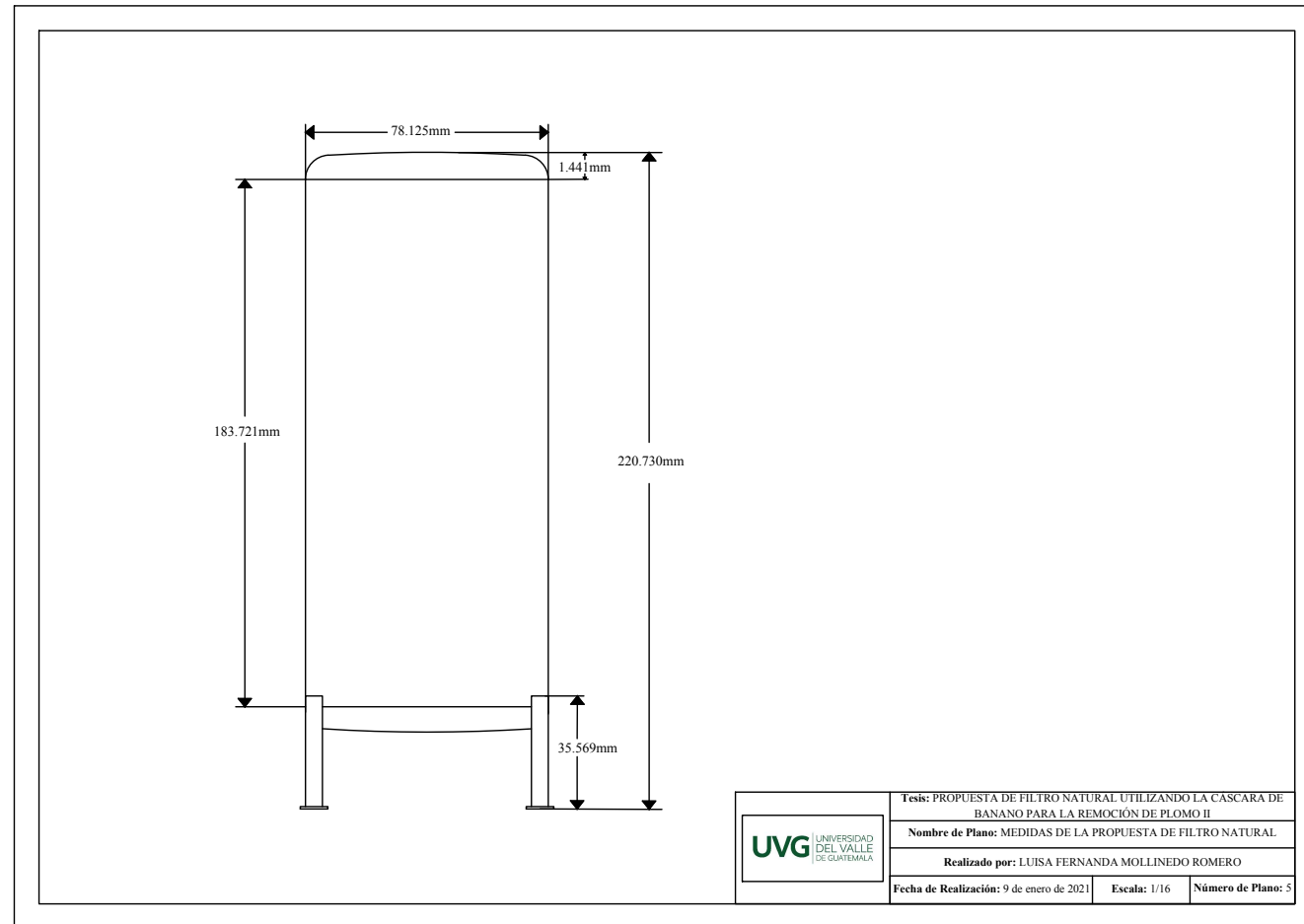
(Elaboración propia).

Figura 34. Propuesta de sistema natural vista planta.



(Elaboración propia).

Figura 35. Medidas de la propuesta de la columna del sistema natural.






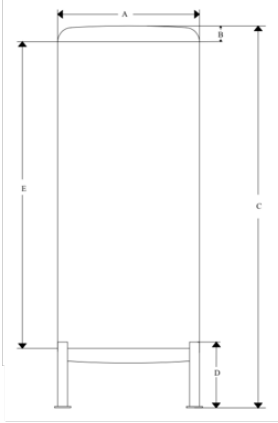
(Elaboración propia).

Figura 36. Propuesta de la columna del sistema natural Vista 3D.



(Elaboración propia).

Figura 37. Ficha técnica de la propuesta del la columna del sistema natural que utiliza la cáscara de banano para la remoción de Plomo II.

	FILTRO NATURAL QUE UTILIZA LA CÁSCARA DE BANANO PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO II	Fecha de elaboración: 16/01/21 Elaborado por: Luisa Fernanda Mollinedo Romero Contacto: mol16060@uvg.edu.gt	Pag. 1 de 1						
	<p style="text-align: center;"><i>La bioresina elaborada a partir de cáscara de banano permite remover el Plomo II presente en aguas contaminadas, y destaca por su eficiencia para la adsorción del mismo.</i></p> <p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> * Eficiencia superior en remoción de Plomo II. * Se le da uso a la cáscara de banano (desecho en muchos casos) y se evita la contaminación de esta en el ambiente. <p>CONDICIONES DE OPERACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> * Temperatura: 25°C. <p>COMPONENTES DEL FILTRO</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> * Tanque de acero. * Tubería de acero cedula 40. * Soporte de filtro. * Cabezales torisféricos. </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> * 164.212kg de bioresina fabricada a partir de cáscara de banano. * 673.250kg de piedra pómez. * Mesh No. 30 en área de salida de filtro. </td> </tr> </table>			<ul style="list-style-type: none"> * Tanque de acero. * Tubería de acero cedula 40. * Soporte de filtro. * Cabezales torisféricos. 	<ul style="list-style-type: none"> * 164.212kg de bioresina fabricada a partir de cáscara de banano. * 673.250kg de piedra pómez. * Mesh No. 30 en área de salida de filtro. 				
<ul style="list-style-type: none"> * Tanque de acero. * Tubería de acero cedula 40. * Soporte de filtro. * Cabezales torisféricos. 	<ul style="list-style-type: none"> * 164.212kg de bioresina fabricada a partir de cáscara de banano. * 673.250kg de piedra pómez. * Mesh No. 30 en área de salida de filtro. 								
TABLA DE ESPECIFICACIONES									
Modelo	Área (m²)	Volumen (m³)	Tasa de Flujo (m³/s)	Capacidad de Agua a tratar (m³)	Dimensiones		Relación de Esbeltez	Reducción de Plomo II (ppm)	Tamaño de Tubería (m)
FN-01	13.9979	3.6074	0.00639	1.95	Diámetro (m)	Altura (m)	2.3516	20 a 0.559	0.0508
DATOS TÉCNICOS DE BIORESINA									
*Densidad aparente seca: 610kg/m ³ *Tamaño de partícula: 600µm *Tiempo de ruptura: 2 horas *Insoluble en agua									
									
DIMENSIONES									
Modelo	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)				
FN-01	1.25	0.023	3.5316	0.5691	2.9395				

(Elaboración propia).

Cuadro 123. Pérdida de presión en accesorio de tuberías y válvulas de entrada.

Accesorios	Cantidad	Coeficiente de fricción		Diámetro equivalente	
		Unidad	Totales	Unidad	Totales
Codo de 45°	3	0.35	1.05	15	45
Válvula de globo	1	6	6	300	300
Total					345

Nota: Tanto los coeficientes de fricción para cada accesorio como el diámetro equivalente de cada uno, se ubican en la Figura 14, en marco teórico, página 40.

Cuadro 124. Determinación de cabeza dinámica para dimensionamiento de bombas centrífuga de entrada.

Largo asociado de accesorios (<i>m</i>)	18.1131
Largo total en tubería (<i>m</i>)	28.1131
Caída de presión (<i>N/m²</i>)	89538.7967
Cabeza dinámica (<i>m</i>)	9.1273

Cuadro 125. Determinación de cabeza estática para dimensionamiento de bombas centrífuga de entrada.

Altura 1 (<i>m</i>)	1.6000
Altura 2 (<i>m</i>)	4.2395
Diferencial de alturas (<i>m</i>)	2.6395
Presión 1 (<i>N/m²</i>)	101325.0000
Presión 2 (<i>N/m²</i>)	101400.0000
Diferencial de presión (<i>N/m²</i>)	75.0000
Diferencial de presión (<i>m</i>)	0.0076
Cabeza estática (<i>m</i>)	2.6471

Nota: Para la altura 1, se consideró la altura de un tinaco Rotoplas de 2,500L. La altura 2, es la altura del escalamiento, tomando en cuenta el alto de las tuberías.

Para el caso de la presión 1, se asumió que el tinaco estaba abierto a la atmósfera. Mientras que para la presión 2, se consideró que sería un poco mayor a la atmósfera por tratarse de un tanque cerrado.

Cuadro 126. Determinación de cabeza total para dimensionamiento de bomba centrífuga de entrada.

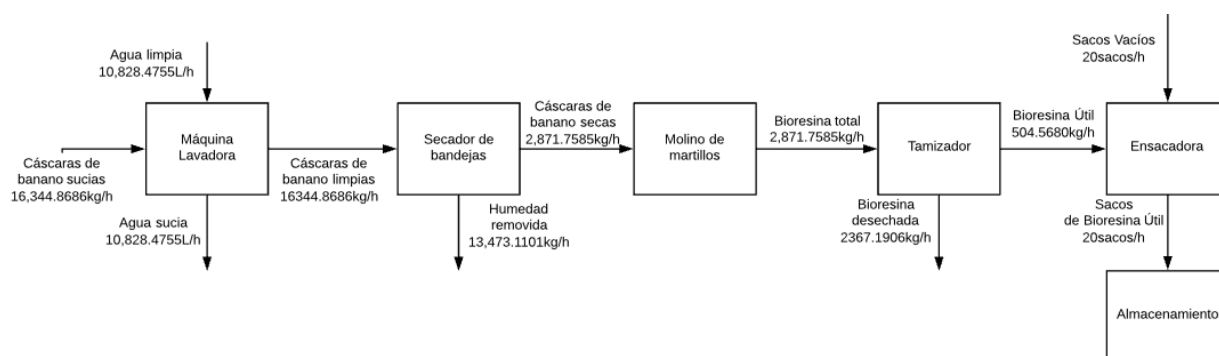
Cabeza total (<i>m</i>)	11.7745
--------------------------------	---------

Cuadro 127. Potencia y eficiencia para la bomba de entrada del escalamiento de la columna del sistema natural.

	Bomba de entrada
Potencia (kW)	0.7
Eficiencia (%)	60

Nota: Para la determinación tanto de la potencia como de la eficiencia de la bomba de entrada, se utilizó las curvas características que se ubican en anexos, en información adicional, Figuras 128 y 129 páginas 298 y 299. Para utilizar estas curvas, se hizo uso del caudal que tendría el escalamiento de la columna del sistema natural. Este caudal fue el propuesto por la empresa DESOTEC (Ver Figura 142, en anexos, en información adicional, página 313). Además, se necesitó de la cabeza total de cada una de las bombas.

Figura 38. Diagrama de bloques del proceso de fabricación de bioresina útil en sacos de 25kg.



Nota: Es importante destacar que para el balace de masa de la bioresina, se tomó como referencia la producción de banano en el año 2016 en Guatemala, y considerando que el 46% de la misma provenía de Escuintla. Además, se trabajó bajo la suposición de que el 10% era banano de rechazo, y que el 30% del peso del fruto correspondía a la cáscara (Ver Cuadro 36). Dicho lo anterior, se obtuvo un flujo másico de 16,344.8686kg/h de cáscara de banano sucio, mismo que se utilizó para el balance de masa de la fabricación de la bioresina.

Cuadro 128. Tasa interna de retorno y valor actual neto de la fabricación de la bioresina.

Valor Actual Neto (VAN)	Q. 35,490,744.78
Tasa Interna de Retorno (TIR)	28%
Periodo de Recuperación	2.30

Nota: Para el detalle de todos los rubros que se consideraron para el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) de la bioresina, dirigirse a anexos, datos calculados, Figuras 38 a 47, páginas 210 a 220.

Figura 39. Inversión en maquinaria requerida para la fabricación de la bioresina.

Conversión de \$ a Q		
Q	7.70	\$ 1.00

Descripción de los Equipos	Capacidad Requerida	Dimensionales	Material	Cantidad Requerida
Máquina lavadora	2	m3	CS	2
Motor para máquin lavadora	16	KW	CS	2
Bomba para máquina lavadora	16	KW	CS	2
Secador de bandejas	3.4	m2	CS	1
Motor para secador de bandejas	18	KW	CS	1
Molino de martillos	0.305	m3	CS	1
Motor para molino de martillos	55	KW	CS	1
Tamizador	1500	kg	CS	1
Motor para tamizador	0.525	KW	CS	1
Ensacadora	18750	kg	CS	1
Motor de ensacadora	4.5	KW	CS	1

Equipos	Capacidad	Unidades	Costo aproximado	Exponente	Factor de Material	Costo			
						M&S /(1año)	M&S (1956)	Supero Designer	Proveedores
Máquina lavadora						\$ -	\$ -	\$ -	\$10,000.00
Motor para máquin lavadora	7.5	KW	\$ 12,300.00	0.56	1	\$ 18,800.87	\$ 73,549.01		
Bomba para máquina lavadora	7.5	KW	\$ 1,600.00	0.3	1	\$ 2,008.34	\$ 7,856.63		
Secador de bandejas	9.3	m2	\$ 73,000.00	0.52	1	\$ 43,259.43	\$ 84,615.44	\$ -	\$ -
Motor para secador de bandejas	7.5	KW	\$ 12,300.00	0.56	1	\$ 20,082.76	\$ 39,281.88		
Molino de martillos						\$ -	\$ -	\$82,000.00	\$ -
Motor para molinode martillos	7.5	KW	\$ 12,300.00	0.56	1	\$ 37,538.24	\$ 73,424.80		
Tamizador						\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6,500.00
Motor para tamizador	7.5	KW	\$ 12,300.00	0.56	1	\$ 2,774.34	\$ 5,426.61		
Ensacadora						\$ -	\$ -	\$ -	\$40,000.00
Motor de ensacadora	7.5	KW	\$ 12,300.00	0.56	1	\$ 9,239.95	\$ 18,073.35		
Costo FOB							\$284,154.37	\$82,000.00	\$56,500.00

M&S	Referencia
1000	Año 2010
1956	

Costo FOB total de Equipos	\$ 422,654.37
Flete Internacional	\$ 12,679.63
Costo CIF	\$ 435,334.01
IVA	\$ 52,240.08
Arancel	\$ 21,766.70
Costo con Impuestos	\$ 509,340.79
Costos Aduanales	\$ 4,353.34
Costo Total	\$ 513,694.13

Flete Internacional	3%	del costo FOB
---------------------	----	---------------

IMPUESTOS		
IVA	12%	del costo CIF
Arancel	5%	del costo CIF
Gastos aduanales, transporte interno, otros.	1%	del costo CIF

Detalles (Sólidos-fluidos, plantas base)	Factor	Costo	
Instalación	0.41	\$ 210,614.59	Q 1,621,732.36
Tubería	0.34	\$ 174,656.00	Q 1,344,851.22
Electricidad	0.13	\$ 66,780.24	Q 514,207.82
Instrumentación	0.13	\$ 66,780.24	Q 514,207.82
Planta auxiliar de energía	0.3	\$ 154,108.24	Q 1,186,633.43
Excavación y preparación del sitio	0.15	\$ 77,054.12	Q 593,316.72
Auxiliares	0.52	\$ 267,120.95	Q 2,056,831.28
Ingeniería	0.39	\$ 200,340.71	Q 1,542,623.46
Contratistas	0.13	\$ 66,780.24	Q 514,207.82
Contingencia	0.39	\$ 200,340.71	Q 1,542,623.46
Total		\$ 1,484,576.02	Q 11,431,235.39

Inversión	\$ 1,998,270.15
	Q15,386,680.16

(Elaboración propia).

Nota: En esta figura se plantean los equipos requeridos para el proceso de fabricación de bioresina en sacos de 25kg.

Para establecer los costos de los equipos, se consideró el índice de costo de equipos de Marshall&Swift para los que se encontraban en la Figura 136, en anexos, en la sección de información adicional, página 308.

Para los costos de los equipos que no se encontraron en esa figura, se utilizó SuperPro Designer; y los que no se encontraron en los dos anteriores, se cotizaron con algunos proveedores.

También se consideraron los costos de instalación, tubería, electricidad, instrumentación, planta auxiliar de energía, excavación y preparación del sitio, entre otros.

Figura 40. Costo total de la construcción, terreno y paredes para la fabricación de la bioresina.

Clasificación	Costo
m2 de construcción industrial	Q 4,500.00
m2 de construcción de piso no industrial	Q 2,500.00
m lineal de pared (3m de alto)	Q 1,500.00
m2 de jardín, área verde, áreas que no sean de construcción	Q 750.00
Costo de pozo	Q3,000,000.00
Costos de terreno	\$ 30.00

1	vara2	0.698896	m2
---	-------	----------	----

x vara2

	Área de Planta	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m2)	Costo
Construcción Industrial	Recepción de cáscaras de banano	5.9	5.9	34.81	Q 156,645.00
	Máquina lavadora	5.221	4.321	22.559941	Q 101,519.73
	Secador de bandejas	3.5	3.7	12.95	Q 58,275.00
	Molino de martillos	3.725	3.345	12.460125	Q 56,070.56
	Tamizador	2.044	2.544	5.199936	Q 23,399.71
	Ensacadora	5.694	5.068	28.857192	Q 129,857.36
	Almacenamiento de sacos de bioresina			3228	Q14,526,000.00
	Laboratorio fisicoquímico	7	4	28	Q 126,000.00
	Oficinas administrativas	6	6	36	Q 162,000.00
	Oficinas de producción	6	6	36	Q 162,000.00
	Vestidores	6	5	30	Q 135,000.00
	Baños	5	3	15	Q 67,500.00
	Cafetería	10	6	60	Q 270,000.00
	Garita	3	3	9	Q 40,500.00
Clínicas médicas	5	5	25	Q 112,500.00	
Áreas de Construcción No Industrial	Estacionamiento de camiones	20	6	120	Q 300,000.00
	Parques administrativos	6	24	144	Q 360,000.00
	Desechos	7	7	49	Q 122,500.00
	Parqueo de recolección de desechos	14	3	42	Q 105,000.00
Área Verde y de Recreación	Jardín	6	3	18	Q 13,500.00
Costo Total de Construcción					Q17,028,267.37

Paredes	65	Q97,500.00
Área de Terreno (m2)	3956.837194	
Costo de Terreno	\$	82,962.53
	Q	638,811.49
Costo Total de Construcción, Terreno y Paredes	Q	17,764,578.86

(Elaboración propia).

Nota: Para establecer los costos de área, se tomó en consideración el espacio que iba a requerir cada equipo necesario para la fabricación de la bioresina. Además, se tomó en cuenta el espacio de los laboratorios fisicoquímicos, las oficinas administrativas, oficinas de producción, los baños, la cafetería, la garita, la clínica médica, el estacionamiento de camiones, los parqueos administrativos, el área de desechos, entre otros. Además, es importante mencionar que se consideraron los costos de construcción y de terreno, para así establecer el costo total de construcción.

Figura 41. Inversión total para la fabricación de la bioresina.

Equipos	Q 3,955,444.77
Instalación	Q 1,621,732.36
Tubería	Q 1,344,851.22
Electricidad	Q 514,207.82
Instrumentación	Q 514,207.82
Planta auxiliar de energía	Q 1,186,633.43
Excavación y preparación del sitio	Q 593,316.72
Auxiliares	Q 2,056,831.28
Ingeniería	Q 1,542,623.46
Contratistas	Q 514,207.82
Contingencia	Q 1,542,623.46
Construcción Industrial	Q 16,127,267.37
Área de Construcción No Industrial	Q 887,500.00
Área Verde y de Recreación	Q 13,500.00
Paredes	Q 97,500.00
Terreno	Q 638,811.49
Inversión Total	Q 33,151,259.03

(Elaboración propia).

Nota: En la inversión total se toma en cuenta tanto la inversión de los equipos y de instalación, como de la construcción industrial y el costo del terreno.

Figura 42. Horarios y salarios de personal responsable de la fabricación de bioresina.

RECEPCIÓN DE CÁSCARAS DE BANANO

Operarios	3
Sueldo por Día	Q. 150.00
Hora Ordinaria	Q. 18.75

Jornada	Horario	Horas	Días
Diurna	8:00am a 6:00pm	8	Lunes a Viernes

Jornada	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diurna	Todas las Semanas	8	8	8	8	8	0	0

Salario Semanal	Q. 750.00
Salario Mensual	Q. 3,000.00
Vacaciones	Q. 3,000.00

MÁQUINA LAVADORA

Operarios	1
Sueldo por Día	Q. 150.00
Hora Ordinaria	Q. 18.75

Jornada	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diurna	Todas las Semanas	8	8	8	8	8		

Salario Semanal	Q. 750.00
Salario Mensual	Q. 3,000.00
Vacaciones	Q. 3,000.00

SECADOR DE BANDEJAS

Operarios	2
Sueldo por Día	Q. 150.00
Hora Ordinaria	Q. 18.75

Jornada	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diurna	Todas las Semanas	8	8	8	8	8		

Salario Semanal	Q. 750.00
Salario Mensual	Q. 3,000.00
Vacaciones	Q. 3,000.00

MOLINO DE MARTILLOS

Operarios	2
Sueldo por Día	Q. 150.00
Hora Ordinaria	Q. 18.75

Jornada	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diurna	Todas las Semanas	8	8	8	8	8		

Salario Semanal	Q. 750.00
Salario Mensual	Q. 3,000.00
Vacaciones	Q. 3,000.00

(Elaboración propia).

Nota: Para este trabajo, se consideró que tanto los operarios como el personal administrativo trabajaría en jornada diurna de lunes a viernes durante todo el año.

Figura 43. Horarios y salarios de personal responsable de la fabricación de bioresina.

TAMIZADOR

Operarios	1
Sueldo por Día	Q. 150.00
Hora Ordinaria	Q. 18.75

Jornada	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diurna	Todas las Semanas	8	8	8	8	8		

Salario Semanal	Q. 750.00
Salario Mensual	Q. 3,000.00
Vacaciones	Q. 3,000.00

ENSACADORA

Operarios	2
Sueldo por Día	Q. 150.00
Hora Ordinaria	Q. 18.75

Jornada	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diurna	Todas las Semanas	8	8	8	8	8		

Salario Semanal	Q. 750.00
Salario Mensual	Q. 3,000.00
Vacaciones	Q. 3,000.00

ALMACENAMIENTO DE SACOS DE BIOESINA

Operarios	3
Sueldo por Día	Q. 150.00
Hora Ordinaria	Q. 18.75

Jornada	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diurna	Todas las Semanas	8	8	8	8	8		

Salario Semanal	Q. 750.00
Salario Mensual	Q. 3,000.00
Vacaciones	Q. 3,000.00

ADMINISTRACIÓN

Colaborador	Cantidad	Sueldo Mensual		Sueldo por Año		Sueldo por Semaa	
		Personal	Todos	Personal	Todos	Personal	Todos
Gerente General	1	Q. 23,497.83	Q. 23,497.83	Q. 281,973.96	Q. 281,973.96	Q. 5,874.46	Q. 5,874.46
Gerente de Control de Calidad	1	Q. 16,450.83	Q. 16,450.83	Q. 197,409.96	Q. 197,409.96	Q. 4,112.71	Q. 4,112.71
Gerente de Planta	1	Q. 16,450.83	Q. 16,450.83	Q. 197,409.96	Q. 197,409.96	Q. 4,112.71	Q. 4,112.71
Ingeniero	2	Q. 7,054.83	Q. 14,109.66	Q. 84,657.96	Q. 169,315.92	Q. 1,763.71	Q. 3,527.42
Policia	3	Q. 4,000.00	Q. 12,000.00	Q. 48,000.00	Q. 144,000.00	Q. 1,000.00	Q. 3,000.00
Secretaria	1	Q. 4,705.83	Q. 4,705.83	Q. 56,469.96	Q. 56,469.96	Q. 1,176.46	Q. 1,176.46
Publicidad y Mercadeo	2	Q. 4,698.00	Q. 9,396.00	Q. 56,376.00	Q. 112,752.00	Q. 1,174.50	Q. 2,349.00
Recursos Humanos	2	Q. 18,799.00	Q. 37,598.00	Q. 225,588.00	Q. 451,176.00	Q. 4,699.75	Q. 9,399.50
Doctor/Enfermera	1	Q. 7,047.00	Q. 7,047.00	Q. 84,564.00	Q. 84,564.00	Q. 1,761.75	Q. 1,761.75
Conserjes	3	Q. 3,000.00	Q. 9,000.00	Q. 36,000.00	Q. 108,000.00	Q. 750.00	Q. 2,250.00
Ventas	1	Q. 4,698.00	Q. 4,698.00	Q. 56,376.00	Q. 56,376.00	Q. 1,174.50	Q. 1,174.50
Compras	1	Q. 4,698.00	Q. 4,698.00	Q. 56,376.00	Q. 56,376.00	Q. 1,174.50	Q. 1,174.50
TOTAL	19	Q.115,100.15	Q.159,651.98	Q.1,381,201.80	Q.1,915,823.76	Q. 28,775.04	Q. 39,913.00

(Elaboración propia).

Nota: Para este trabajo, se consideró que tanto los operarios como el personal administrativo trabajaría en jornada diurna de lunes a viernes durante todo el año.

Figura 44. Salarios totales requeridos para la fabricación de la bioresina.

Área	Personal	Cantidad	Sueldo	Sueldos totales	Sueldos anuales totales
Administración	Gerente General	1	Q 23,497.83	Q 23,497.83	Q 281,973.96
	Gerente de Control de Calidad	1	Q 16,450.83	Q 16,450.83	Q 197,409.96
	Gerente de Planta	1	Q 16,450.83	Q 16,450.83	Q 197,409.96
	Ingeniero	2	Q 7,054.83	Q 14,109.66	Q 169,315.92
	Policia	3	Q 4,000.00	Q 12,000.00	Q 144,000.00
	Secretaria	1	Q 4,705.83	Q 4,705.83	Q 56,469.96
	Publicidad y Mercadeo	2	Q 4,698.00	Q 9,396.00	Q 112,752.00
	Recursos Humanos	2	Q 18,799.00	Q 37,598.00	Q 451,176.00
	Doctor/Enfermera	1	Q 7,047.00	Q 7,047.00	Q 84,564.00
	Conserjes	3	Q 3,000.00	Q 9,000.00	Q 108,000.00
	Ventas	1	Q 4,698.00	Q 4,698.00	Q 56,376.00
Compras	1	Q 4,698.00	Q 4,698.00	Q 56,376.00	
Recepción de Cáscara de Banano	Operario	3	Q 3,000.00	Q 9,000.00	Q 108,000.00
Máquina Lavadora	Operario	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00	Q 36,000.00
Secador de Bandejas	Operario	2	Q 3,000.00	Q 6,000.00	Q 72,000.00
Molino de Martillos	Operario	2	Q 3,000.00	Q 6,000.00	Q 72,000.00
Tamizador	Operario	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00	Q 36,000.00
Ensacadora	Operario	2	Q 3,000.00	Q 6,000.00	Q 72,000.00
Almacenamiento de Sacos	Operario	3	Q 3,000.00	Q 9,000.00	Q 108,000.00
Total		33	Q136,100.15	Q 201,651.98	Q 2,419,823.76

Sueldos de costos variables		
Base		Q504,000.00
IGSS	10.67%	Q 53,776.80
IRTRA	1.00%	Q 5,040.00
INTECAP	1.00%	Q 5,040.00
BONO 14	8.33%	Q 42,000.00
Otros	8.33%	Q 42,000.00
Aguinaldo	8.33%	Q 42,000.00
Pasivo laboral	8.33%	Q 42,000.00
Bono extra	Q 250.00	Q 3,000.00
TOTAL ANUAL		Q738,856.80

Sueldos de costos fijos		
Base		Q1,915,823.76
IGSS	10.67%	Q 204,418.40
IRTRA	1.00%	Q 19,158.24
INTECAP	1.00%	Q 19,158.24
BONO 14	8.33%	Q 159,651.98
Otros	8.33%	Q 159,651.98
Aguinaldo	8.33%	Q 159,651.98
Pasivo laboral	8.33%	Q 159,651.98
Bono extra	Q 250.00	Q 3,000.00
TOTAL ANUAL		Q2,800,166.55

(Elaboración propia).

Nota: Los sueldos fijos hacen referencia a todo el personal administrativo; mientras que los sueldos variables corresponden a los operarios.

Figura 45. Costos variables totales.

Horas en un año	8760
Producción Anual (sacos)	176800.6177
Salarios: Costos Fijos	Q2,800,166.55
Salarios: Costos Variables	Q 738,856.80
Salarios: Costos Variables Unitarios	Q 4.18

Instalación de Planta	Q11,787,225.42
------------------------------	----------------

Materia Prima	Costo	Cantidad Anual
Cáscara de Banano (quintal)	Q 72.00	Q 24,478,075.25

Material de Empaque	Costo	Cantidad Anual
Sacos de 25kg	Q 0.40	Q 832.00

Q 24,478,907.25

SERVICIOS AUXILIARES	Rango (%)	Mediana	Costo Anual
Suministro de agua, refrigeración y bombeo	0.4 a 3.7	1.80%	Q 212,170.06
Almacenamiento de producto terminado	0.7 a 2.4	1.50%	Q 176,808.38
Sistemas de residuos de proceso	0.4 a 1.8	1.10%	Q 129,659.48
Almacenamiento de materias primas	0.3 a 3.2	1.10%	Q 129,659.48
Distribución eléctrica	0.4 a 2.1	1%	Q 117,872.25
Distribución de agua	0.1 a 2	0.90%	Q 106,085.03
Sistema de protección contra fuego	0.3 a 1.0	0.70%	Q 82,510.58
Tratamiento de agua	0.2 a 1.1	0.60%	Q 70,723.35
Caminos y paseos	0.3 a 0.9	0.60%	Q 70,723.35
Comunicaciones	0.1 a 0.3	0.20%	Q 23,574.45
Iluminación de patio y valla	0.1 a 0.3	0.20%	Q 23,574.45

Costo Variable Total	Q 587.29
-----------------------------	----------

(Elaboración propia).

Nota: Para la determinación del costo variable total, se tomó en cuenta la producción anual de la bioresina.

Figura 46. Costos fijos totales.

Personal	Sueldos Anuales
Gerente General	Q 23,497.83
Gerente de Control de Calidad	Q 16,450.83
Gerente de Planta	Q 16,450.83
Ingeniero	Q 14,109.66
Policía	Q 12,000.00
Secretaría	Q 4,705.83
Publicidad y Mercadeo	Q 9,396.00
Recursos Humanos	Q 37,598.00
Doctor/Enfermera	Q 7,047.00
Conserjes	Q 9,000.00
Ventas	Q 4,698.00
Compras	Q 4,698.00

Q/kWh	Q 1.10
-------	--------

5	Días
52	Semanas

Equipo	Cantidad	Potencia (kW)	Horas de Uso (h)	Consumo de energía por equipos (kWh)	Costos Anuales
Máquina lavadora	2	16	8	8320	Q 9,152.00
Secador de bandejas	1	18	8	4680	Q 5,148.00
Molino de martillos	1	55	8	14300	Q15,730.00
Tamizador	1	0.525	8	136.5	Q 150.15
Ensayadora	1	4.5	8	1170	Q 1,287.00

Q31,467.15

	Costo Mensual	Costo Anual
Internet	Q 5,000.00	Q 60,000.00
Teléfono	Q 8,000.00	Q 96,000.00
Publicidad	Q 15,000.00	Q180,000.00

Costos Fijos Totales	Q 527,119.13
-----------------------------	--------------

(Elaboración propia).

Nota: Se consideró los sueldos anuales del personal administrativo, el consumo de energía por cada equipo, el internet, teléfono y publicidad.

Figura 47. Flujo de caja para la fabricación de la bioesina.

INVERSIONES	
Parámetros	Inversión Inicial
Terreno	Q 638,811.49
Construcción	Q 17,125,767.37
Maquinaria	Q 3,955,444.77
Otros	Q 11,431,235.39
Total	Q 33,151,259.03

Tasas	
Tasa de financiamiento	9%
Tasa de riesgo	3%
TMAR	12%

Amortización	
Amortización	Q516,563.22

Impuesto	
Impuesto	28%
Capital de Trabajo	50%
Imprevistos	10%

Parámetro	Inversión	Porcentaje
Capital propio	Q 29,836,133.12	90%
Préstamo	Q 3,315,125.90	10%
Inversión	Q 33,151,259.03	100%

Año	Capital Inicial	Interés	Pago a Capital	Capital Final
1	Q 3,315,125.90	Q 298,361.33	Q 218,201.88	Q 3,096,924.02
2	Q 3,096,924.02	Q 278,723.16	Q 237,840.05	Q 2,859,083.96
3	Q 2,859,083.96	Q 257,317.56	Q 259,245.66	Q 2,599,838.30
4	Q 2,599,838.30	Q 233,985.45	Q 282,577.77	Q 2,317,260.53
5	Q 2,317,260.53	Q 208,553.45	Q 308,009.77	Q 2,009,250.77
6	Q 2,009,250.77	Q 180,832.57	Q 335,730.65	Q 1,673,520.12
7	Q 1,673,520.12	Q 150,616.81	Q 365,946.41	Q 1,307,573.71
8	Q 1,307,573.71	Q 117,681.63	Q 398,881.58	Q 908,692.13
9	Q 908,692.13	Q 81,782.29	Q 434,780.92	Q 473,911.21
10	Q 473,911.21	Q 42,652.01	Q 473,911.21	Q 0.00

Parámetros	Inversión Inicial	Vida Útil (Años)	Depreciación (Años)	Depreciación (Anua)
Terreno	Q 638,811.49			
Construcción	Q 17,125,767.37		40	Q 428,144.18
Maquinaria	Q 3,955,444.77	10	10	Q 395,544.48
Otros	Q 11,431,235.39	5	5	Q 2,286,247.08
TOTAL				Q 3,109,935.74

Incremento precio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremento ventas	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Precio	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00	Q1,000.00
Ventas	41980.05536	44079.05812	46283.01103	48597.16158	51027.01966	51027.01966	51027.01966	51027.01966	51027.01966	51027.01966	51027.01966
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	Q41,980,055.36	Q44,079,058.12	Q46,283,011.03	Q48,597,161.58	Q51,027,019.66	Q51,027,019.66	Q51,027,019.66	Q51,027,019.66	Q51,027,019.66	Q51,027,019.66	Q51,027,019.66
Otro ingresos											
Costos fijos	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13	-Q527,119.13
Costos variables	-Q24,654,343.56	-Q25,887,060.74	-Q27,181,413.78	-Q28,540,484.47	-Q29,967,508.69	-Q29,967,508.69	-Q29,967,508.69	-Q29,967,508.69	-Q29,967,508.69	-Q29,967,508.69	-Q29,967,508.69
Depreciación	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74	-Q3,109,935.74
Ventas activas											
Valor libros											
Intereses Financiamiento	-Q298,361.33	-Q278,723.16	-Q257,317.56	-Q233,985.45	-Q208,553.45	-Q180,832.57	-Q150,616.81	-Q117,681.63	-Q81,782.29	-Q42,652.01	
Utilidad	Q13,390,295.59	Q14,276,219.35	Q15,207,224.82	Q16,185,636.80	Q17,213,902.65	Q17,241,623.53	Q17,271,839.29	Q17,304,774.47	Q17,340,673.81	Q17,379,804.09	
Impuesto	-Q3,749,282.77	-Q3,997,341.42	-Q4,258,022.95	-Q4,531,978.30	-Q4,819,892.74	-Q4,827,654.59	-Q4,836,115.00	-Q4,845,336.85	-Q4,855,388.67	-Q4,866,345.15	
Utilidad neta	Q9,641,012.83	Q10,278,877.93	Q10,949,201.87	Q11,653,658.49	Q12,394,009.91	Q12,413,968.94	Q12,435,724.29	Q12,459,437.61	Q12,485,285.14	Q12,513,458.95	
Préstamo bancario	Q3,315,125.90										
Pago a capital	-Q 218,201.88	-Q 237,840.05	-Q 259,245.66	-Q 282,577.77	-Q 308,009.77	-Q 335,730.65	-Q 365,946.41	-Q 398,881.58	-Q 434,780.92	-Q 473,911.21	
Depreciación	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	Q3,109,935.74	
Valor de desecho											
Valor libros											
Capital de trabajo	-Q12,590,731.35	-Q616,358.59	-Q647,176.52	-Q679,535.34	-Q713,512.11	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q15,247,313.91
Imprevistos	-Q2,172,002.36										
Inversión inicial	-Q29,836,133.12					Q 11,431,235.39					
Flujo de caja	-Q41,283,740.93	Q11,916,388.09	Q12,503,797.10	Q13,120,356.61	Q13,767,504.35	Q3,764,700.49	Q15,188,174.03	Q15,179,713.62	Q15,170,491.77	Q15,160,439.96	Q30,396,797.39
Flujo valor actual	Q10,639,632.22	Q21,132,055.05	Q31,512,882.75	Q41,816,720.35	Q13,570,902.73	Q62,444,769.96	Q69,276,517.30	Q75,361,538.21	Q80,778,611.04	Q171,748,684.59	
Flujo acumulado	-Q41,283,740.93	-Q30,644,108.71	-Q9,512,053.66	Q22,000,829.09	Q63,817,549.44	Q77,388,452.18	Q139,833,222.13	Q209,109,739.43	Q284,471,277.64	Q365,249,888.69	Q536,998,573.28

VAN	Q35,490,744.78
TIR	28%
Periodo de Recuperación	2.301846509

(Elaboración propia).

Nota: Para el precio de la bioesina, se utilizó como referencia la de carbón activado en presentación de 25kg que tiene un precio de Q940.00

A. FOTOGRAFÍAS DE EXPERIMENTACIÓN

Figura 48. Tratamiento de lavado, secado y de reducción de tamaño a la cáscara de banano para su posterior uso como adsorbente natural.



(Elaboración propia).

Figura 49. Tamizador tipo shaker.



Figura 50. Bioresina fabricada separada por tamaño de partícula.



Figura 51. Pruebas de solubilidad y pH en agua destilada.

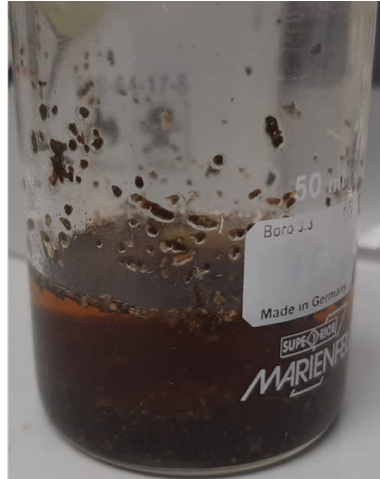


Figura 52. Prueba de expansión de la bioresina fabricada.



Figura 53. Prototipos de columna del sistema natural a escala laboratorio para llevar a cabo las pruebas de remoción de Plomo II.



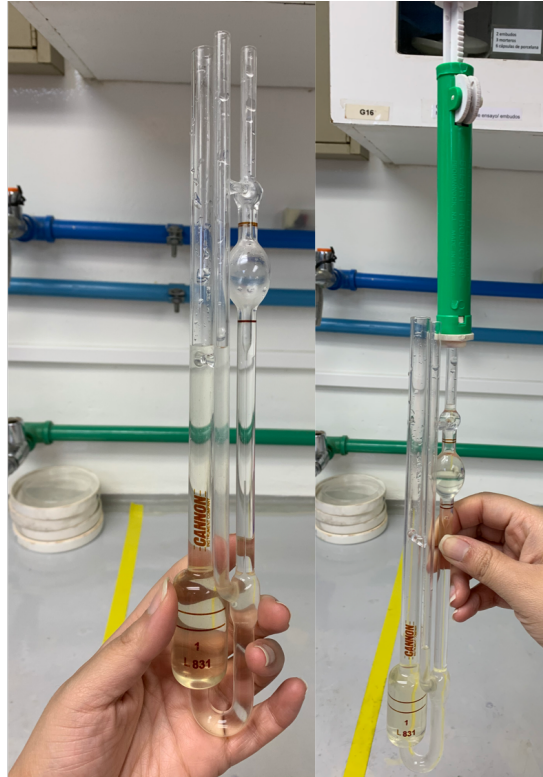
(a)



(b)

Nota: La Figura (a) es el primer prototipo de la columna a escala laboratorio, el cual solo utiliza la bioresina fabricada. Mientras que la Figura (b) es el segundo prototipo de la columna del sistema a escala laboratorio, el cual utiliza tanto la bioresina fabricada como la piedra pómez.

Figura 54. Medición de la viscosidad, a temperatura ambiente, del fluido que sale de la columna del sistema natural a escala laboratorio, mediante un viscosímetro marca CANNON-Instrument-Company-.



B. FOTOGRAFÍAS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL AVANZADO

Figura 55. Curva de calibración obtenida del espectrofotómetro de absorción atómica (llama).

Calibration Curve Slope: 0.01944
Calibration Curve Intercept: -0.00318
Calibration Curve Correlation Coefficient: 0.997184
Calibration Curve Type: Linear, Calculated Intercept

Std #	Standard ID	Entered Conc.	Calculated Conc.	Action
Blank	Blanco	0	0.163	Include
1	std 1	2.00	1.979	Include
2	std 2	8.00	7.100	Include
3	std 3	10.00	18.708	Ignore
4	std 4	12.00	12.568	Include
5	std 5	14.00	14.561	Include
6	std6	20.00	19.628	Include

9/23/2020 12:36:59 PM

Figura 56. Parámetros para curva de calibración obtenida del espectrofotómetro de absorción atómica (llama).

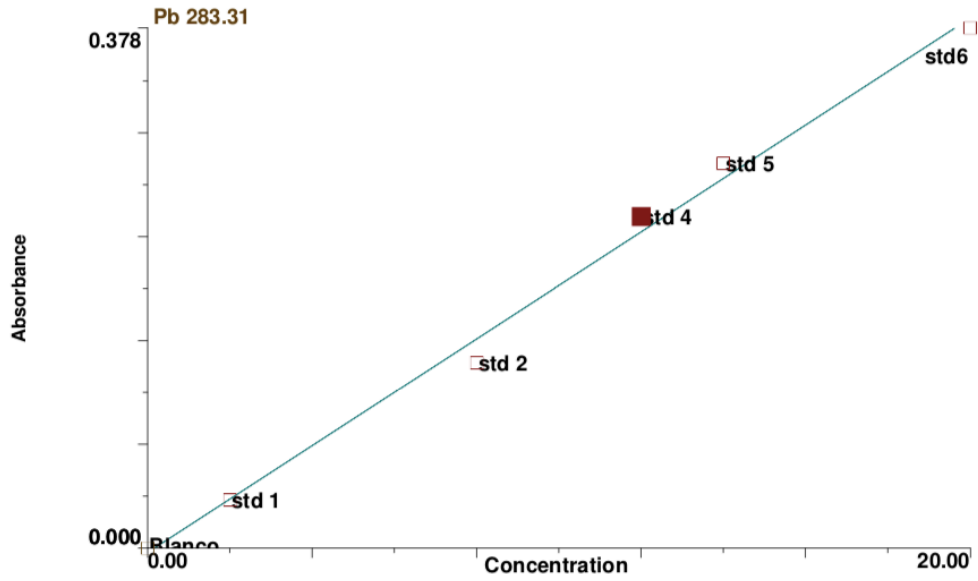


Figura 58. Determinación de plomo en estándares, continuación.

Method: Determinación de Pb			Page 2	Date: 9/23/2020 1:20:00 PM		
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored	
1		[8.00]	0.1347	12:32:44 PM	Yes	
2		[8.00]	0.1336	12:32:45 PM	Yes	
3		[8.00]	0.1362	12:32:46 PM	Yes	
Mean:		[8.00]	0.1348			
SD:		0.0000	0.0013			
%RSD:		0.00%	0.97			
Standard number 2 applied. [8.00]						
Correlation Coef.: 0.999921 Slope: 0.01679 Intercept: 0.00073						

Sequence No.: 4			Autosampler Location:			
Sample ID: std 3			Date Collected: 9/23/2020 12:32:55 PM			
Analyst:			Data Type: Original			

Replicate Data: std 3			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal	
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored	
1		[10.00]	0.3683	12:32:55 PM	Yes	
2		[10.00]	0.3723	12:32:56 PM	Yes	
3		[10.00]	0.3737	12:32:58 PM	Yes	
Mean:		[10.00]	0.3714			
SD:		0.0000	0.0028			
%RSD:		0.00%	0.75			
Standard number 3 applied. [10.00]						
Correlation Coef.: 0.901662 Slope: 0.03170 Intercept: -0.02312						

Sequence No.: 5			Autosampler Location:			
Sample ID: std 4			Date Collected: 9/23/2020 12:33:16 PM			
Analyst:			Data Type: Original			

Replicate Data: std 4			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal	
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored	
1		[12.00]	0.2408	12:33:18 PM	Yes	
2		[12.00]	0.2433	12:33:19 PM	Yes	
3		[12.00]	0.2393	12:33:20 PM	Yes	
Mean:		[12.00]	0.2411			
SD:		0.0000	0.0020			
%RSD:		0.00%	0.83			
Standard number 4 applied. [12.00]						
Correlation Coef.: 0.870265 Slope: 0.02563 Intercept: -0.00752						
Standard absorbance and concentration values are not in the same order.						

Sequence No.: 6			Autosampler Location:			
Sample ID: std 5			Date Collected: 9/23/2020 12:33:38 PM			
Analyst:			Data Type: Original			

Replicate Data: std 5			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal	
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored	
1		[14.00]	0.2817	12:33:38 PM	Yes	
2		[14.00]	0.2796	12:33:39 PM	Yes	
3		[14.00]	0.2784	12:33:40 PM	Yes	
Mean:		[14.00]	0.2799			
SD:		0.0000	0.0016			
%RSD:		0.00%	0.59			
Standard number 5 applied. [14.00]						
Correlation Coef.: 0.871019 Slope: 0.02272 Intercept: 0.00291						
Standard absorbance and concentration values are not in the same order.						

Sequence No.: 7			Autosampler Location:			
Sample ID: std6			Date Collected: 9/23/2020 12:34:03 PM			

Figura 59. Determinación de plomo en estándares, continuación.

Analyst: Data Type: Original

 Replicate Data: std6 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	[20.00]	0.3079	12:34:03 PM	Yes	
2	[20.00]	0.2906	12:34:05 PM	Yes	
3	[20.00]	0.2748	12:34:06 PM	Yes	
Mean:	[20.00]	0.2911			
SD:	0.0000	0.0166			
%RSD:	0.00%	5.69			

 Standard number 6 applied. [20.00]
 Correlation Coef.: 0.819393 Slope: 0.01657 Intercept: 0.03716
 Standard absorbance and concentration values are not in the same order.

 Calibration data for Pb 283.31 Equation: Linear, Calculated Intercept

ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. mg/L	Calculated Conc. mg/L	Standard Deviation	%RSD
Blanco	0.0000	0	-2.243	0.00	0.10
std 1	0.0353	2.00	-0.112	0.00	2.90
std 2	0.1348	8.00	5.895	0.00	0.97
std 3	0.3714	10.00	20.175	0.00	0.75
std 4	0.2411	12.00	12.311	0.00	0.83
std 5	0.2799	14.00	14.650	0.00	0.59
std6	0.2911	20.00	15.324	0.02	5.69

 Correlation Coef.: 0.819393 Slope: 0.01657 Intercept: 0.03716

Calibration curve edited: calibration points ignored.

 Sequence No.: 1 Autosampler Location:
 Sample ID: std 3 Date Collected: 9/23/2020 12:35:37 PM
 Analyst: Data Type: Original

 Replicate Data: std 3 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	[10.00]	0.3565	12:35:48 PM	Yes	
2	[10.00]	0.3634	12:35:50 PM	Yes	
3	[10.00]	0.3616	12:35:51 PM	Yes	
Mean:	[10.00]	0.3605			
SD:	0.0000	0.0036			
%RSD:	0.00%	0.99			

 Standard number 3 applied. [10.00]
 Correlation Coef.: 0.831920 Slope: 0.01655 Intercept: 0.03581
 Standard absorbance and concentration values are not in the same order.

Calibration curve edited: standards were reanalyzed.

 Sequence No.: 1 Autosampler Location:
 Sample ID: std6 Date Collected: 9/23/2020 12:36:19 PM
 Analyst: Data Type: Original

 Replicate Data: std6 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	[20.00]	0.3726	12:36:24 PM	Yes	
2	[20.00]	0.3714	12:36:25 PM	Yes	
3	[20.00]	0.3912	12:36:26 PM	Yes	
Mean:	[20.00]	0.3784			
SD:	0.0000	0.0111			
%RSD:	0.00%	2.94			

 Standard number 6 applied. [20.00]

Figura 60. Determinación de plomo en muestras.

Method: Determinacion de Pb Page 4 Date: 9/23/2020 1:20:00 PM

Correlation Coef.: 0.903540 Slope: 0.01978 Intercept: 0.01781
Standard absorbance and concentration values are not in the same order.

Calibration data for Pb 283.31 Equation: Linear, Calculated Intercept

ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. mg/L	Calculated Conc. mg/L	Standard Deviation	%RSD
Blanco	0.0000	0	-0.901	0.00	0.10
std 1	0.0353	2.00	0.884	0.00	2.90
std 2	0.1348	8.00	5.917	0.00	0.97
std 3	0.3605	10.00	17.326	0.00	0.99
std 4	0.2411	12.00	11.292	0.00	0.83
std 5	0.2799	14.00	13.251	0.00	0.59
std6	0.3784	20.00	18.231	0.01	2.94

Correlation Coef.: 0.903540 Slope: 0.01978 Intercept: 0.01781

Sequence No.: 2 Autosampler Location:
Sample ID: M11 Date Collected: 9/23/2020 12:39:05 PM
Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M11 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.793	0.793	0.0122	12:39:06 PM	Yes
2	0.847	0.847	0.0133	12:39:07 PM	Yes
3	0.922	0.922	0.0147	12:39:08 PM	Yes
Mean:	0.854	0.854	0.0134		
SD:	0.0646	0.0646	0.0013		
%RSD:	7.57%	7.57%	9.36		

Sequence No.: 3 Autosampler Location:
Sample ID: M12 Date Collected: 9/23/2020 12:39:26 PM
Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M12 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.756	0.756	0.0115	12:39:26 PM	Yes
2	0.778	0.778	0.0120	12:39:28 PM	Yes
3	0.769	0.769	0.0118	12:39:29 PM	Yes
Mean:	0.768	0.768	0.0117		
SD:	0.0114	0.0114	0.0002		
%RSD:	1.48%	1.48%	1.88		

Sequence No.: 4 Autosampler Location:
Sample ID: M14 Date Collected: 9/23/2020 12:39:52 PM
Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M14 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.217	1.217	0.0205	12:39:53 PM	Yes
2	1.147	1.147	0.0191	12:39:54 PM	Yes
3	1.183	1.183	0.0198	12:39:55 PM	Yes
Mean:	1.183	1.183	0.0198		
SD:	0.0348	0.0348	0.0007		
%RSD:	2.94%	2.94%	3.41		

Sequence No.: 5 Autosampler Location:
Sample ID: M15 Date Collected: 9/23/2020 12:40:12 PM
Analyst: Data Type: Original

Figura 61. Determinación de plomo en muestras, continuación.

```

-----
Replicate Data: M15                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#      mg/L        mg/L      Signal    Signal    Stored
1      0.954        0.954    0.0154   12:40:12 PM Yes
2      0.904        0.904    0.0144   12:40:13 PM Yes
3      1.344        1.344    0.0229   12:40:14 PM Yes
Mean:  1.067        1.067    0.0176
SD:    0.2408       0.2408   0.0047
%RSD:  22.56%     22.56%   26.64
    
```

```

-----
Sequence No.: 6                                Autosampler Location:
Sample ID: M15                                Date Collected: 9/23/2020 12:40:30 PM
Analyst:                                       Data Type: Original
    
```

```

-----
Replicate Data: M15                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#      mg/L        mg/L      Signal    Signal    Stored
1      1.070        1.070    0.0176   12:40:31 PM Yes
2      0.904        0.904    0.0144   12:40:32 PM Yes
3      0.914        0.914    0.0146   12:40:33 PM Yes
Mean:  0.963        0.963    0.0155
SD:    0.0931       0.0931   0.0018
%RSD:  9.67%      9.67%    11.64
    
```

```

-----
Sequence No.: 7                                Autosampler Location:
Sample ID: M15                                Date Collected: 9/23/2020 12:40:54 PM
Analyst:                                       Data Type: Original
    
```

```

-----
Replicate Data: M15                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#      mg/L        mg/L      Signal    Signal    Stored
1      1.327        1.327    0.0226   12:40:54 PM Yes
2      1.017        1.017    0.0166   12:40:56 PM Yes
3      0.920        0.920    0.0147   12:40:57 PM Yes
Mean:  1.088        1.088    0.0180
SD:    0.2123       0.2123   0.0041
%RSD:  19.52%     19.52%   22.97
    
```

```

-----
Sequence No.: 8                                Autosampler Location:
Sample ID: M21                                Date Collected: 9/23/2020 12:41:54 PM
Analyst:                                       Data Type: Original
    
```

```

-----
Replicate Data: M21                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#      mg/L        mg/L      Signal    Signal    Stored
1      0.760        0.760    0.0116   12:41:55 PM Yes
2      0.832        0.832    0.0130   12:41:56 PM Yes
3      0.728        0.728    0.0110   12:41:57 PM Yes
Mean:  0.773        0.773    0.0119
SD:    0.0532       0.0532   0.0010
%RSD:  6.88%      6.88%    8.72
    
```

```

-----
Sequence No.: 9                                Autosampler Location:
Sample ID: M22                                Date Collected: 9/23/2020 12:42:07 PM
Analyst:                                       Data Type: Original
    
```

```

-----
Replicate Data: M22                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#      mg/L        mg/L      Signal    Signal    Stored
    
```

Figura 62. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 6 Date: 9/23/2020 1:20:00 PM

1	0.784	0.784	0.0121	12:42:07 PM	Yes
2	0.833	0.833	0.0130	12:42:08 PM	Yes
3	0.774	0.774	0.0119	12:42:09 PM	Yes
Mean:	0.797	0.797	0.0123		
SD:	0.0317	0.0317	0.0006		
%RSD:	3.98%	3.98%	5.01		

Sequence No.: 10
 Sample ID: M23
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 12:42:18 PM
 Data Type: Original

Replicate Data: M23 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.806	0.806	0.0125	12:42:18 PM	Yes
2	0.885	0.885	0.0140	12:42:19 PM	Yes
3	0.746	0.746	0.0113	12:42:21 PM	Yes
Mean:	0.813	0.813	0.0126		
SD:	0.0698	0.0698	0.0014		
%RSD:	8.59%	8.59%	10.75		

Sequence No.: 11
 Sample ID: M24
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 12:42:29 PM
 Data Type: Original

Replicate Data: M24 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.966	0.966	0.0156	12:42:29 PM	Yes
2	0.863	0.863	0.0136	12:42:31 PM	Yes
3	0.815	0.815	0.0127	12:42:32 PM	Yes
Mean:	0.881	0.881	0.0140		
SD:	0.0773	0.0773	0.0015		
%RSD:	8.77%	8.77%	10.77		

Sequence No.: 12
 Sample ID: M25
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 12:42:48 PM
 Data Type: Original

Replicate Data: M25 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.743	0.743	0.0113	12:42:48 PM	Yes
2	0.732	0.732	0.0111	12:42:49 PM	Yes
3	0.734	0.734	0.0111	12:42:51 PM	Yes
Mean:	0.737	0.737	0.0111		
SD:	0.0059	0.0059	0.0001		
%RSD:	0.80%	0.80%	1.03		

Sequence No.: 13
 Sample ID: M23
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 12:43:12 PM
 Data Type: Original

Replicate Data: M23 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.804	0.804	0.0125	12:43:12 PM	Yes
2	0.844	0.844	0.0132	12:43:14 PM	Yes
3	0.893	0.893	0.0142	12:43:15 PM	Yes
Mean:	0.847	0.847	0.0133		
SD:	0.0449	0.0449	0.0009		

Figura 63. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 7 Date: 9/23/2020 1:20:00 PM

%RSD: 5.30% 5.30% 6.56

Sequence No.: 14 Autosampler Location:
 Sample ID: M24 Date Collected: 9/23/2020 12:43:24 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M24 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.785	0.785	0.0121	12:43:24 PM	Yes
2	0.882	0.882	0.0140	12:43:25 PM	Yes
3	0.826	0.826	0.0129	12:43:26 PM	Yes
Mean:	0.831	0.831	0.0130		
SD:	0.0487	0.0487	0.0009		
%RSD:	5.86%	5.86%	7.30		

Sequence No.: 15 Autosampler Location:
 Sample ID: M31 Date Collected: 9/23/2020 12:44:33 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M31 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.998	0.998	0.0162	12:44:34 PM	Yes
2	0.798	0.798	0.0123	12:44:35 PM	Yes
3	0.763	0.763	0.0117	12:44:36 PM	Yes
Mean:	0.853	0.853	0.0134		
SD:	0.1266	0.1266	0.0025		
%RSD:	14.84%	14.84%	18.36		

Sequence No.: 16 Autosampler Location:
 Sample ID: M31 Date Collected: 9/23/2020 12:44:50 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M31 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.711	0.711	0.0106	12:44:50 PM	Yes
2	0.734	0.734	0.0111	12:44:52 PM	Yes
3	0.697	0.697	0.0104	12:44:53 PM	Yes
Mean:	0.714	0.714	0.0107		
SD:	0.0188	0.0188	0.0004		
%RSD:	2.64%	2.64%	3.42		

Sequence No.: 17 Autosampler Location:
 Sample ID: M32 Date Collected: 9/23/2020 12:45:09 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M32 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.687	0.687	0.0102	12:45:10 PM	Yes
2	0.730	0.730	0.0110	12:45:11 PM	Yes
3	0.724	0.724	0.0109	12:45:12 PM	Yes
Mean:	0.714	0.714	0.0107		
SD:	0.0232	0.0232	0.0005		
%RSD:	3.25%	3.25%	4.22		

Sequence No.: 18 Autosampler Location:
 Sample ID: M33 Date Collected: 9/23/2020 12:45:20 PM

Figura 64. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M33 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.719	0.719	0.0108	12:45:20 PM	Yes
2	0.711	0.711	0.0107	12:45:22 PM	Yes
3	0.729	0.729	0.0110	12:45:23 PM	Yes
Mean:	0.720	0.720	0.0108		
SD:	0.0090	0.0090	0.0002		
%RSD:	1.25%	1.25%	1.62		

Sequence No.: 19 Autosampler Location:
 Sample ID: M34 Date Collected: 9/23/2020 12:45:40 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M34 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.722	0.722	0.0109	12:45:40 PM	Yes
2	0.733	0.733	0.0111	12:45:41 PM	Yes
3	0.741	0.741	0.0112	12:45:43 PM	Yes
Mean:	0.732	0.732	0.0111		
SD:	0.0097	0.0097	0.0002		
%RSD:	1.33%	1.33%	1.71		

Sequence No.: 20 Autosampler Location:
 Sample ID: M35 Date Collected: 9/23/2020 12:45:52 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M35 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.699	0.699	0.0104	12:45:52 PM	Yes
2	0.651	0.651	0.0095	12:45:53 PM	Yes
3	0.669	0.669	0.0098	12:45:54 PM	Yes
Mean:	0.673	0.673	0.0099		
SD:	0.0242	0.0242	0.0005		
%RSD:	3.59%	3.59%	4.74		

Sequence No.: 21 Autosampler Location:
 Sample ID: M41 Date Collected: 9/23/2020 12:46:55 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M41 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.698	0.698	0.0104	12:46:56 PM	Yes
2	0.707	0.707	0.0106	12:46:57 PM	Yes
3	0.709	0.709	0.0106	12:46:58 PM	Yes
Mean:	0.705	0.705	0.0105		
SD:	0.0059	0.0059	0.0001		
%RSD:	0.84%	0.84%	1.09		

Sequence No.: 22 Autosampler Location:
 Sample ID: M42 Date Collected: 9/23/2020 12:47:07 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M42 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
------	------------	----------	---------	------	--------

Figura 65. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb			Page 9	Date: 9/23/2020 1:20:00 PM		
#	mg/L	mg/L	Signal			Stored
1	0.663	0.663	0.0097	12:47:07 PM		Yes
2	0.696	0.696	0.0104	12:47:08 PM		Yes
3	0.777	0.777	0.0119	12:47:09 PM		Yes
Mean:	0.712	0.712	0.0107			
SD:	0.0586	0.0586	0.0011			
%RSD:	8.23%	8.23%	10.68			
Sequence No.: 23			Autosampler Location:			
Sample ID: M43			Date Collected: 9/23/2020 12:47:29 PM			
Analyst:			Data Type: Original			
Replicate Data: M43			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StdConc	Blncorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	0.738	0.738	0.0112	12:47:30 PM		Yes
2	0.965	0.965	0.0156	12:47:31 PM		Yes
3	0.778	0.778	0.0119	12:47:32 PM		Yes
Mean:	0.827	0.827	0.0129			
SD:	0.1213	0.1213	0.0024			
%RSD:	14.66%	14.66%	18.27			
Sequence No.: 24			Autosampler Location:			
Sample ID: M43			Date Collected: 9/23/2020 12:47:40 PM			
Analyst:			Data Type: Original			
Replicate Data: M43			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StdConc	Blncorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	0.732	0.732	0.0111	12:47:40 PM		Yes
2	0.704	0.704	0.0105	12:47:41 PM		Yes
3	0.719	0.719	0.0108	12:47:43 PM		Yes
Mean:	0.718	0.718	0.0108			
SD:	0.0140	0.0140	0.0003			
%RSD:	1.95%	1.95%	2.53			
Sequence No.: 25			Autosampler Location:			
Sample ID: M44			Date Collected: 9/23/2020 12:48:01 PM			
Analyst:			Data Type: Original			
Replicate Data: M44			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StdConc	Blncorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	0.822	0.822	0.0128	12:48:02 PM		Yes
2	0.764	0.764	0.0117	12:48:04 PM		Yes
3	0.832	0.832	0.0130	12:48:05 PM		Yes
Mean:	0.806	0.806	0.0125			
SD:	0.0369	0.0369	0.0007			
%RSD:	4.58%	4.58%	5.74			
Sequence No.: 26			Autosampler Location:			
Sample ID: M45			Date Collected: 9/23/2020 12:48:22 PM			
Analyst:			Data Type: Original			
Replicate Data: M45			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StdConc	Blncorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	0.648	0.648	0.0094	12:48:22 PM		Yes
2	0.694	0.694	0.0103	12:48:24 PM		Yes
3	0.695	0.695	0.0103	12:48:25 PM		Yes
Mean:	0.679	0.679	0.0100			

Figura 66. Determinación de plomo en muestras, continuación.

SD: 0.0268 0.0268 0.0005
 %RSD: 3.95% 3.95% 5.20

Sequence No.: 27 Autosampler Location:
 Sample ID: M42 Date Collected: 9/23/2020 12:49:03 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M42 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.664	0.664	0.0097	12:49:04 PM	Yes
2	0.645	0.645	0.0094	12:49:05 PM	Yes
3	0.619	0.619	0.0089	12:49:07 PM	Yes
Mean:	0.642	0.642	0.0093		
SD:	0.0225	0.0225	0.0004		
%RSD:	3.50%	3.50%	4.70		

Sequence No.: 28 Autosampler Location:
 Sample ID: M51 Date Collected: 9/23/2020 12:50:28 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M51 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.690	0.690	0.0102	12:50:29 PM	Yes
2	0.675	0.675	0.0099	12:50:30 PM	Yes
3	0.650	0.650	0.0095	12:50:31 PM	Yes
Mean:	0.671	0.671	0.0099		
SD:	0.0203	0.0203	0.0004		
%RSD:	3.03%	3.03%	4.00		

Sequence No.: 29 Autosampler Location:
 Sample ID: M52 Date Collected: 9/23/2020 12:50:46 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M52 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.671	0.671	0.0099	12:50:46 PM	Yes
2	0.651	0.651	0.0095	12:50:47 PM	Yes
3	0.643	0.643	0.0093	12:50:49 PM	Yes
Mean:	0.655	0.655	0.0096		
SD:	0.0142	0.0142	0.0003		
%RSD:	2.17%	2.17%	2.89		

Sequence No.: 30 Autosampler Location:
 Sample ID: M53 Date Collected: 9/23/2020 12:51:06 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M53 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.683	0.683	0.0101	12:51:07 PM	Yes
2	0.667	0.667	0.0098	12:51:08 PM	Yes
3	0.683	0.683	0.0101	12:51:09 PM	Yes
Mean:	0.677	0.677	0.0100		
SD:	0.0091	0.0091	0.0002		
%RSD:	1.35%	1.35%	1.78		

Sequence No.: 31 Autosampler Location:

Figura 67. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb		Page 11		Date: 9/23/2020 1:20:00 PM	
Sample ID: M54			Date Collected: 9/23/2020 12:51:25 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: M54			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.674	0.674	0.0099	12:51:25 PM	Yes
2	0.653	0.653	0.0095	12:51:26 PM	Yes
3	0.653	0.653	0.0095	12:51:27 PM	Yes
Mean:	0.660	0.660	0.0097		
SD:	0.0120	0.0120	0.0002		
%RSD:	1.82%	1.82%	2.41		

Sequence No.: 32			Autosampler Location:		
Sample ID: M55			Date Collected: 9/23/2020 12:51:35 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: M55			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.693	0.693	0.0103	12:51:35 PM	Yes
2	0.645	0.645	0.0094	12:51:36 PM	Yes
3	0.641	0.641	0.0093	12:51:38 PM	Yes
Mean:	0.660	0.660	0.0096		
SD:	0.0287	0.0287	0.0006		
%RSD:	4.35%	4.35%	5.79		

Sequence No.: 33			Autosampler Location:		
Sample ID: M61			Date Collected: 9/23/2020 12:52:46 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: M61			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.685	0.685	0.0101	12:52:47 PM	Yes
2	0.699	0.699	0.0104	12:52:48 PM	Yes
3	0.722	0.722	0.0109	12:52:50 PM	Yes
Mean:	0.702	0.702	0.0105		
SD:	0.0186	0.0186	0.0004		
%RSD:	2.65%	2.65%	3.45		

Sequence No.: 34			Autosampler Location:		
Sample ID: M62			Date Collected: 9/23/2020 12:53:06 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: M62			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.754	0.754	0.0115	12:53:06 PM	Yes
2	0.729	0.729	0.0110	12:53:07 PM	Yes
3	0.722	0.722	0.0109	12:53:09 PM	Yes
Mean:	0.735	0.735	0.0111		
SD:	0.0167	0.0167	0.0003		
%RSD:	2.28%	2.28%	2.93		

Sequence No.: 35			Autosampler Location:		
Sample ID: M63			Date Collected: 9/23/2020 12:53:24 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: M63			Analyte: Pb 283.31		

Figura 68. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.694	0.694	0.0103	12:53:24 PM	Yes
2	0.694	0.694	0.0103	12:53:26 PM	Yes
3	0.694	0.694	0.0103	12:53:27 PM	Yes
Mean: 0.694 0.694 0.0103					
SD: 0.0003 0.0003 0.0000					
%RSD: 0.04% 0.04% 0.06					

Sequence No.: 36 Autosampler Location:
 Sample ID: M64 Date Collected: 9/23/2020 12:53:49 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M64 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.617	0.617	0.0088	12:53:49 PM	Yes
2	0.642	0.642	0.0093	12:53:50 PM	Yes
3	0.681	0.681	0.0101	12:53:51 PM	Yes
Mean: 0.647 0.647 0.0094					
SD: 0.0320 0.0320 0.0006					
%RSD: 4.95% 4.95% 6.62					

Sequence No.: 37 Autosampler Location:
 Sample ID: M65 Date Collected: 9/23/2020 12:54:08 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M65 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.749	0.749	0.0114	12:54:08 PM	Yes
2	0.757	0.757	0.0115	12:54:10 PM	Yes
3	0.760	0.760	0.0116	12:54:11 PM	Yes
Mean: 0.755 0.755 0.0115					
SD: 0.0054 0.0054 0.0001					
%RSD: 0.71% 0.71% 0.90					

Sequence No.: 38 Autosampler Location:
 Sample ID: M71 Date Collected: 9/23/2020 12:55:09 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M71 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.692	0.692	0.0103	12:55:09 PM	Yes
2	0.698	0.698	0.0104	12:55:10 PM	Yes
3	0.713	0.713	0.0107	12:55:11 PM	Yes
Mean: 0.701 0.701 0.0105					
SD: 0.0110 0.0110 0.0002					
%RSD: 1.57% 1.57% 2.05					

Sequence No.: 39 Autosampler Location:
 Sample ID: M72 Date Collected: 9/23/2020 12:55:19 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M72 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.677	0.677	0.0100	12:55:19 PM	Yes
2	0.665	0.665	0.0098	12:55:20 PM	Yes
3	0.678	0.678	0.0100	12:55:21 PM	Yes

Figura 69. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 13 Date: 9/23/2020 1:20:00 PM

Mean: 0.673 0.673 0.0099
 SD: 0.0068 0.0068 0.0001
 %RSD: 1.02% 1.02% 1.34

Sequence No.: 40 Autosampler Location:
 Sample ID: M73 Date Collected: 9/23/2020 12:55:37 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M73 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.723	0.723	0.0109	12:55:37 PM	Yes
2	0.716	0.716	0.0107	12:55:38 PM	Yes
3	0.653	0.653	0.0095	12:55:39 PM	Yes
Mean:	0.697	0.697	0.0104		
SD:	0.0385	0.0385	0.0007		
%RSD:	5.52%	5.52%	7.21		

Sequence No.: 41 Autosampler Location:
 Sample ID: M74 Date Collected: 9/23/2020 12:55:46 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M74 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.689	1.689	0.0297	12:55:47 PM	Yes
2	1.391	1.391	0.0239	12:55:48 PM	Yes
3	0.944	0.944	0.0152	12:55:50 PM	Yes
Mean:	1.341	1.341	0.0229		
SD:	0.3751	0.3751	0.0073		
%RSD:	27.97%	27.97%	31.85		

Sequence No.: 42 Autosampler Location:
 Sample ID: M74 Date Collected: 9/23/2020 12:56:10 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M74 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.850	0.850	0.0133	12:56:10 PM	Yes
2	0.828	0.828	0.0129	12:56:11 PM	Yes
3	0.731	0.731	0.0110	12:56:12 PM	Yes
Mean:	0.803	0.803	0.0124		
SD:	0.0634	0.0634	0.0012		
%RSD:	7.89%	7.89%	9.91		

Sequence No.: 43 Autosampler Location:
 Sample ID: M75 Date Collected: 9/23/2020 12:56:31 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M75 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.666	0.666	0.0098	12:56:32 PM	Yes
2	0.797	0.797	0.0123	12:56:33 PM	Yes
3	0.716	0.716	0.0108	12:56:35 PM	Yes
Mean:	0.726	0.726	0.0109		
SD:	0.0662	0.0662	0.0013		
%RSD:	9.11%	9.11%	11.76		

Figura 70. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Sequence No.: 44 Autosampler Location:
 Sample ID: M75 Date Collected: 9/23/2020 12:56:44 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M75 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.762	0.762	0.0116	12:56:44 PM	Yes
2	0.968	0.968	0.0156	12:56:45 PM	Yes
3	0.785	0.785	0.0121	12:56:46 PM	Yes
Mean:	0.839	0.839	0.0131		
SD:	0.1130	0.1130	0.0022		
%RSD:	13.48%	13.48%	16.74		

Sequence No.: 45 Autosampler Location:
 Sample ID: M75 Date Collected: 9/23/2020 12:57:09 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M75 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.885	0.885	0.0140	12:57:09 PM	Yes
2	0.989	0.989	0.0160	12:57:10 PM	Yes
3	0.776	0.776	0.0119	12:57:11 PM	Yes
Mean:	0.883	0.883	0.0140		
SD:	0.1065	0.1065	0.0021		
%RSD:	12.06%	12.06%	14.80		

Sequence No.: 46 Autosampler Location:
 Sample ID: M81 Date Collected: 9/23/2020 12:58:13 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M81 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.661	0.661	0.0097	12:58:14 PM	Yes
2	0.746	0.746	0.0113	12:58:15 PM	Yes
3	0.772	0.772	0.0118	12:58:16 PM	Yes
Mean:	0.726	0.726	0.0109		
SD:	0.0581	0.0581	0.0011		
%RSD:	8.01%	8.01%	10.33		

Sequence No.: 47 Autosampler Location:
 Sample ID: M82 Date Collected: 9/23/2020 12:58:24 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M82 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.679	0.679	0.0100	12:58:24 PM	Yes
2	0.635	0.635	0.0092	12:58:25 PM	Yes
3	0.749	0.749	0.0114	12:58:26 PM	Yes
Mean:	0.688	0.688	0.0102		
SD:	0.0576	0.0576	0.0011		
%RSD:	8.38%	8.38%	10.99		

Sequence No.: 48 Autosampler Location:
 Sample ID: M83 Date Collected: 9/23/2020 12:58:35 PM
 Analyst: Data Type: Original

Figura 71. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Replicate Data: M83 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr	Time	Signal	Stored
1	0.650	0.650	0.0095	12:58:35 PM	Yes	Yes
2	0.605	0.605	0.0086	12:58:36 PM	Yes	Yes
3	0.660	0.660	0.0097	12:58:37 PM	Yes	Yes
Mean:	0.639	0.639	0.0092			
SD:	0.0292	0.0292	0.0006			
%RSD:	4.57%	4.57%	6.14			

Sequence No.: 49 Autosampler Location:
 Sample ID: M84 Date Collected: 9/23/2020 12:58:44 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M84 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr	Time	Signal	Stored
1	0.743	0.743	0.0113	12:58:45 PM	Yes	Yes
2	0.750	0.750	0.0114	12:58:46 PM	Yes	Yes
3	0.669	0.669	0.0098	12:58:47 PM	Yes	Yes
Mean:	0.721	0.721	0.0108			
SD:	0.0452	0.0452	0.0009			
%RSD:	6.27%	6.27%	8.10			

Sequence No.: 50 Autosampler Location:
 Sample ID: M85 Date Collected: 9/23/2020 12:59:05 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M85 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr	Time	Signal	Stored
1	0.610	0.610	0.0087	12:59:05 PM	Yes	Yes
2	0.878	0.878	0.0139	12:59:06 PM	Yes	Yes
3	1.016	1.016	0.0166	12:59:08 PM	Yes	Yes
Mean:	0.835	0.835	0.0131			
SD:	0.2067	0.2067	0.0040			
%RSD:	24.76%	24.76%	30.78			

Sequence No.: 51 Autosampler Location:
 Sample ID: M85 Date Collected: 9/23/2020 12:59:17 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M85 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr	Time	Signal	Stored
1	0.677	0.677	0.0100	12:59:18 PM	Yes	Yes
2	0.701	0.701	0.0104	12:59:19 PM	Yes	Yes
3	0.626	0.626	0.0090	12:59:20 PM	Yes	Yes
Mean:	0.668	0.668	0.0098			
SD:	0.0380	0.0380	0.0007			
%RSD:	5.70%	5.70%	7.54			

Sequence No.: 52 Autosampler Location:
 Sample ID: M91 Date Collected: 9/23/2020 1:00:21 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M91 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr	Time	Signal	Stored
1	0.641	0.641	0.0093	1:00:22 PM	Yes	Yes
2	0.670	0.670	0.0098	1:00:23 PM	Yes	Yes

Figura 72. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 16	Date: 9/23/2020 1:20:00 PM
3	0.677	0.677	0.0100	1:00:24 PM	Yes
Mean:	0.662	0.662	0.0097		
SD:	0.0191	0.0191	0.0004		
%RSD:	2.88%	2.88%	3.82		
Sequence No.: 53			Autosampler Location:		
Sample ID: M92			Date Collected: 9/23/2020 1:00:31 PM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: M92				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlinkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.678	0.678	0.0100	1:00:31 PM	Yes
2	0.680	0.680	0.0100	1:00:32 PM	Yes
3	0.672	0.672	0.0099	1:00:33 PM	Yes
Mean:	0.677	0.677	0.0100		
SD:	0.0041	0.0041	0.0001		
%RSD:	0.60%	0.60%	0.80		
Sequence No.: 54			Autosampler Location:		
Sample ID: M93			Date Collected: 9/23/2020 1:00:41 PM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: M93				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlinkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.639	0.639	0.0092	1:00:41 PM	Yes
2	0.620	0.620	0.0089	1:00:42 PM	Yes
3	0.663	0.663	0.0097	1:00:43 PM	Yes
Mean:	0.641	0.641	0.0093		
SD:	0.0215	0.0215	0.0004		
%RSD:	3.36%	3.36%	4.50		
Sequence No.: 55			Autosampler Location:		
Sample ID: M94			Date Collected: 9/23/2020 1:00:51 PM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: M94				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlinkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.618	0.618	0.0088	1:00:51 PM	Yes
2	0.608	0.608	0.0086	1:00:52 PM	Yes
3	0.665	0.665	0.0098	1:00:53 PM	Yes
Mean:	0.631	0.631	0.0091		
SD:	0.0304	0.0304	0.0006		
%RSD:	4.82%	4.82%	6.51		
Sequence No.: 56			Autosampler Location:		
Sample ID: M95			Date Collected: 9/23/2020 1:01:14 PM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: M95				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlinkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.647	0.647	0.0094	1:01:15 PM	Yes
2	0.627	0.627	0.0090	1:01:16 PM	Yes
3	0.648	0.648	0.0094	1:01:17 PM	Yes
Mean:	0.641	0.641	0.0093		
SD:	0.0117	0.0117	0.0002		
%RSD:	1.83%	1.83%	2.46		

Figura 73. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Sequence No.: 57
 Sample ID: M101
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 1:02:25 PM
 Data Type: Original

Replicate Data: M101 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.651	0.651	0.0095	1:02:25 PM	Yes
2	0.669	0.669	0.0098	1:02:26 PM	Yes
3	0.674	0.674	0.0099	1:02:27 PM	Yes
Mean:	0.665	0.665	0.0097		
SD:	0.0122	0.0122	0.0002		
%RSD:	1.83%	1.83%	2.43		

Sequence No.: 58
 Sample ID: M102
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 1:02:44 PM
 Data Type: Original

Replicate Data: M102 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.641	0.641	0.0093	1:02:44 PM	Yes
2	0.674	0.674	0.0099	1:02:46 PM	Yes
3	0.620	0.620	0.0089	1:02:47 PM	Yes
Mean:	0.645	0.645	0.0094		
SD:	0.0270	0.0270	0.0005		
%RSD:	4.18%	4.18%	5.60		

Sequence No.: 59
 Sample ID: M103
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 1:03:06 PM
 Data Type: Original

Replicate Data: M103 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.623	0.623	0.0089	1:03:07 PM	Yes
2	0.628	0.628	0.0090	1:03:09 PM	Yes
3	0.638	0.638	0.0092	1:03:10 PM	Yes
Mean:	0.630	0.630	0.0091		
SD:	0.0077	0.0077	0.0001		
%RSD:	1.22%	1.22%	1.65		

Sequence No.: 60
 Sample ID: M104
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 1:03:31 PM
 Data Type: Original

Replicate Data: M104 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.680	0.680	0.0100	1:03:31 PM	Yes
2	0.870	0.870	0.0137	1:03:33 PM	Yes
3	0.630	0.630	0.0091	1:03:34 PM	Yes
Mean:	0.727	0.727	0.0110		
SD:	0.1262	0.1262	0.0025		
%RSD:	17.37%	17.37%	22.40		

Sequence No.: 61
 Sample ID: M104
 Analyst:
 Autosampler Location:
 Date Collected: 9/23/2020 1:03:42 PM
 Data Type: Original

Figura 74. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Replicate Data: M104					Analyte: Pb 283.31
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.975	0.975	0.0158	1:03:43 PM	Yes
2	0.766	0.766	0.0117	1:03:44 PM	Yes
3	0.661	0.661	0.0097	1:03:45 PM	Yes
Mean:	0.801	0.801	0.0124		
SD:	0.1596	0.1596	0.0031		
%RSD:	19.93%	19.93%	25.04		

Sequence No.: 62	Autosampler Location:
Sample ID: M104	Date Collected: 9/23/2020 1:04:13 PM
Analyst:	Data Type: Original

Replicate Data: M104					Analyte: Pb 283.31
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.621	0.621	0.0089	1:04:14 PM	Yes
2	0.640	0.640	0.0093	1:04:15 PM	Yes
3	0.628	0.628	0.0090	1:04:16 PM	Yes
Mean:	0.630	0.630	0.0091		
SD:	0.0093	0.0093	0.0002		
%RSD:	1.48%	1.48%	2.00		

Sequence No.: 63	Autosampler Location:
Sample ID: M105	Date Collected: 9/23/2020 1:04:38 PM
Analyst:	Data Type: Original

Replicate Data: M105					Analyte: Pb 283.31
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.018	1.018	0.0166	1:04:38 PM	Yes
2	1.039	1.039	0.0170	1:04:39 PM	Yes
3	1.069	1.069	0.0176	1:04:40 PM	Yes
Mean:	1.042	1.042	0.0171		
SD:	0.0255	0.0255	0.0005		
%RSD:	2.45%	2.45%	2.91		

Sequence No.: 64	Autosampler Location:
Sample ID: M111	Date Collected: 9/23/2020 1:05:38 PM
Analyst:	Data Type: Original

Replicate Data: M111					Analyte: Pb 283.31
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.584	0.584	0.0082	1:05:39 PM	Yes
2	0.637	0.637	0.0092	1:05:40 PM	Yes
3	0.645	0.645	0.0094	1:05:42 PM	Yes
Mean:	0.622	0.622	0.0089		
SD:	0.0331	0.0331	0.0006		
%RSD:	5.32%	5.32%	7.21		

Sequence No.: 65	Autosampler Location:
Sample ID: M112	Date Collected: 9/23/2020 1:06:01 PM
Analyst:	Data Type: Original

Replicate Data: M112					Analyte: Pb 283.31
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.561	0.561	0.0077	1:06:01 PM	Yes

Figura 75. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 19 Date: 9/23/2020 1:20:00 PM

2	0.545	0.545	0.0074	1:06:02 PM	Yes
3	0.576	0.576	0.0080	1:06:04 PM	Yes
Mean:	0.561	0.561	0.0077		
SD:	0.0156	0.0156	0.0003		
%RSD:	2.78%	2.78%	3.92		

Sequence No.: 66 Autosampler Location:
 Sample ID: M113 Date Collected: 9/23/2020 1:06:28 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M113 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.602	0.602	0.0085	1:06:29 PM	Yes
2	0.684	0.684	0.0101	1:06:30 PM	Yes
3	0.630	0.630	0.0091	1:06:31 PM	Yes
Mean:	0.639	0.639	0.0092		
SD:	0.0415	0.0415	0.0008		
%RSD:	6.50%	6.50%	8.74		

Sequence No.: 67 Autosampler Location:
 Sample ID: M114 Date Collected: 9/23/2020 1:06:57 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M114 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.654	0.654	0.0095	1:06:57 PM	Yes
2	0.610	0.610	0.0087	1:06:58 PM	Yes
3	0.744	0.744	0.0113	1:06:59 PM	Yes
Mean:	0.669	0.669	0.0098		
SD:	0.0685	0.0685	0.0013		
%RSD:	10.23%	10.23%	13.53		

Sequence No.: 68 Autosampler Location:
 Sample ID: M114 Date Collected: 9/23/2020 1:07:10 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M114 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.557	0.557	0.0077	1:07:10 PM	Yes
2	0.611	0.611	0.0087	1:07:12 PM	Yes
3	0.694	0.694	0.0103	1:07:13 PM	Yes
Mean:	0.621	0.621	0.0089		
SD:	0.0691	0.0691	0.0013		
%RSD:	11.13%	11.13%	15.10		

Sequence No.: 69 Autosampler Location:
 Sample ID: M114 Date Collected: 9/23/2020 1:08:14 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M114 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	0.648	0.648	0.0094	1:08:15 PM	Yes
2	0.613	0.613	0.0087	1:08:16 PM	Yes
3	0.578	0.578	0.0081	1:08:17 PM	Yes
Mean:	0.613	0.613	0.0087		
SD:	0.0348	0.0348	0.0007		
%RSD:	5.68%	5.68%	7.75		

Figura 76. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Sequence No.: 70 Autosampler Location:
 Sample ID: M115 Date Collected: 9/23/2020 1:08:39 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M115 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.247	1.247	0.0211	1:08:39 PM	Yes
2	0.811	0.811	0.0126	1:08:40 PM	Yes
3	0.705	0.705	0.0105	1:08:42 PM	Yes
Mean:	0.921	0.921	0.0147		
SD:	0.2873	0.2873	0.0056		
%RSD:	31.18%	31.18%	37.91		

Sequence No.: 71 Autosampler Location:
 Sample ID: M115 Date Collected: 9/23/2020 1:09:12 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M115 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.586	0.586	0.0082	1:09:12 PM	Yes
2	0.595	0.595	0.0084	1:09:13 PM	Yes
3	0.583	0.583	0.0082	1:09:15 PM	Yes
Mean:	0.588	0.588	0.0083		
SD:	0.0061	0.0061	0.0001		
%RSD:	1.04%	1.04%	1.44		

Sequence No.: 72 Autosampler Location:
 Sample ID: M121 Date Collected: 9/23/2020 1:10:46 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M121 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.583	0.583	0.0082	1:10:46 PM	Yes
2	0.593	0.593	0.0084	1:10:48 PM	Yes
3	0.594	0.594	0.0084	1:10:49 PM	Yes
Mean:	0.590	0.590	0.0083		
SD:	0.0061	0.0061	0.0001		
%RSD:	1.04%	1.04%	1.43		

Sequence No.: 73 Autosampler Location:
 Sample ID: M122 Date Collected: 9/23/2020 1:11:22 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M122 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.549	0.549	0.0075	1:11:23 PM	Yes
2	0.562	0.562	0.0077	1:11:24 PM	Yes
3	0.546	0.546	0.0074	1:11:25 PM	Yes
Mean:	0.552	0.552	0.0076		
SD:	0.0085	0.0085	0.0002		
%RSD:	1.53%	1.53%	2.17		

Sequence No.: 74 Autosampler Location:
 Sample ID: M123 Date Collected: 9/23/2020 1:11:54 PM
 Analyst: Data Type: Original

Figura 77. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Replicate Data: M123 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.547	0.547	0.0075	1:11:54 PM	Yes
2	0.513	0.513	0.0068	1:11:55 PM	Yes
3	0.546	0.546	0.0074	1:11:57 PM	Yes
Mean:	0.535	0.535	0.0072		
SD:	0.0193	0.0193	0.0004		
%RSD:	3.60%	3.60%	5.18		

Sequence No.: 75 Autosampler Location:
 Sample ID: M124 Date Collected: 9/23/2020 1:12:26 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M124 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.518	0.518	0.0069	1:12:26 PM	Yes
2	0.552	0.552	0.0075	1:12:28 PM	Yes
3	0.494	0.494	0.0064	1:12:29 PM	Yes
Mean:	0.521	0.521	0.0070		
SD:	0.0289	0.0289	0.0006		
%RSD:	5.53%	5.53%	8.06		

Sequence No.: 76 Autosampler Location:
 Sample ID: M125 Date Collected: 9/23/2020 1:13:15 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M125 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.779	0.779	0.0120	1:13:16 PM	Yes
2	0.778	0.778	0.0119	1:13:17 PM	Yes
3	0.885	0.885	0.0140	1:13:18 PM	Yes
Mean:	0.814	0.814	0.0126		
SD:	0.0617	0.0617	0.0012		
%RSD:	7.58%	7.58%	9.48		

Sequence No.: 77 Autosampler Location:
 Sample ID: M131 Date Collected: 9/23/2020 1:13:44 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M131 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.930	0.930	0.0149	1:13:44 PM	Yes
2	0.653	0.653	0.0095	1:13:45 PM	Yes
3	0.527	0.527	0.0071	1:13:46 PM	Yes
Mean:	0.703	0.703	0.0105		
SD:	0.2063	0.2063	0.0040		
%RSD:	29.34%	29.34%	38.22		

Sequence No.: 78 Autosampler Location:
 Sample ID: M131 Date Collected: 9/23/2020 1:15:53 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: M131 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored

Figura 78. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 22	Date: 9/23/2020 1:20:00 PM
1	0.931	0.931	0.0149	1:15:53 PM	Yes
2	0.726	0.726	0.0109	1:15:54 PM	Yes
3	0.662	0.662	0.0097	1:15:56 PM	Yes
Mean:	0.773	0.773	0.0119		
SD:	0.1404	0.1404	0.0027		
%RSD:	18.16%	18.16%	23.03		

Sequence No.: 79			Autosampler Location:		
Sample ID: M132			Date Collected: 9/23/2020 1:16:03 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: M132			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.492	0.492	0.0064	1:16:03 PM	Yes
2	0.558	0.558	0.0077	1:16:05 PM	Yes
3	0.543	0.543	0.0074	1:16:06 PM	Yes
Mean:	0.531	0.531	0.0071		
SD:	0.0346	0.0346	0.0007		
%RSD:	6.53%	6.53%	9.43		

Sequence No.: 80			Autosampler Location:		
Sample ID: M131			Date Collected: 9/23/2020 1:17:47 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: M131			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.524	0.524	0.0070	1:17:47 PM	Yes
2	0.589	0.589	0.0083	1:17:49 PM	Yes
3	0.546	0.546	0.0074	1:17:50 PM	Yes
Mean:	0.553	0.553	0.0076		
SD:	0.0331	0.0331	0.0006		
%RSD:	5.98%	5.98%	8.49		

Sequence No.: 81			Autosampler Location:		
Sample ID: M132			Date Collected: 9/23/2020 1:19:32 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: M132			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.560	0.560	0.0077	1:19:33 PM	Yes
2	0.524	0.524	0.0070	1:19:34 PM	Yes
3	0.613	0.613	0.0087	1:19:35 PM	Yes
Mean:	0.565	0.565	0.0078		
SD:	0.0446	0.0446	0.0009		
%RSD:	7.89%	7.89%	11.10		

Figura 79. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Analysis Begun

Logged In Analyst: Administrator Technique: AA Flame
 Spectrometer: PinAAcle 900F, S/N PFBS13050203 Autosampler:

Sample Information File: C:\Users\Public\PerkinElmer\AA\Data\Sample Information\
 201007 Pb en agua LF Mollinedo.sif

Batch ID: 201028
 Results Data Set: 201028 Pb LFMollinedo
 Results Library: C:\Users\Public\PerkinElmer\AA\Data\Results\Results.mdb

Method Loaded
 Method Name: Determinacion de Pb Method Last Saved: 10/16/2020 9:23:07 AM
 Method Description: Determinacion de Plomo

 Sequence No.: 1 Autosampler Location:
 Sample ID: Blanco Date Collected: 10/28/2020 10:09:39 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: Blanco Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1		[0.00]	0.4080	10:09:40 AM	Yes
2		[0.00]	0.4080	10:09:41 AM	Yes
3		[0.00]	0.4080	10:09:42 AM	Yes
Mean:		[0.00]	0.4080		
SD:		0.0000	0.0000		
%RSD:		0.00%	0.01		

Auto-zero performed.

 Sequence No.: 2 Autosampler Location:
 Sample ID: std 1 Date Collected: 10/28/2020 10:09:55 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: std 1 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1		[2.00]	0.0585	10:09:55 AM	Yes
2		[2.00]	0.0589	10:09:56 AM	Yes
3		[2.00]	0.0587	10:09:57 AM	Yes
Mean:		[2.00]	0.0587		
SD:		0.0000	0.0002		
%RSD:		0.00%	0.38		

Standard number 1 applied. [2.00]
 Correlation Coef.: 1.000000 Slope: 0.02934 Intercept: 0.00000

 Sequence No.: 3 Autosampler Location:
 Sample ID: std 2 Date Collected: 10/28/2020 10:10:06 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: std 2 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1		[8.00]	0.1935	10:10:06 AM	Yes
2		[8.00]	0.1959	10:10:07 AM	Yes
3		[8.00]	0.1983	10:10:08 AM	Yes
Mean:		[8.00]	0.1959		
SD:		0.0000	0.0024		
%RSD:		0.00%	1.23		

Standard number 2 applied. [8.00]

Figura 80. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb		Page 2		Date: 10/28/2020 10:37:31 AM	
Correlation Coef.: 0.998566 Slope: 0.02412 Intercept: 0.00448					
Sequence No.: 4			Autosampler Location:		
Sample ID: std 3			Date Collected: 10/28/2020 10:10:17 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: std 3			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	[14.00]	0.2846	10:10:18 AM	Yes	
2	[14.00]	0.2881	10:10:19 AM	Yes	
3	[14.00]	0.2882	10:10:20 AM	Yes	
Mean:	[14.00]	0.2870			
SD:	0.0000	0.0020			
%RSD:	0.00%	0.71			
Standard number 3 applied. [14.00]					
Correlation Coef.: 0.992928 Slope: 0.02044 Intercept: 0.01275					

Sequence No.: 5			Autosampler Location:		
Sample ID: std 4			Date Collected: 10/28/2020 10:10:28 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: std 4			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	[18.00]	0.3541	10:10:28 AM	Yes	
2	[18.00]	0.3557	10:10:29 AM	Yes	
3	[18.00]	0.3536	10:10:31 AM	Yes	
Mean:	[18.00]	0.3545			
SD:	0.0000	0.0011			
%RSD:	0.00%	0.31			
Standard number 4 applied. [18.00]					
Correlation Coef.: 0.994402 Slope: 0.01937 Intercept: 0.01649					

Sequence No.: 6			Autosampler Location:		
Sample ID: std 5			Date Collected: 10/28/2020 10:10:38 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: std 5			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	[20.00]	0.4039	10:10:38 AM	Yes	
2	[20.00]	0.4055	10:10:39 AM	Yes	
3	[20.00]	0.4065	10:10:40 AM	Yes	
Mean:	[20.00]	0.4053			
SD:	0.0000	0.0013			
%RSD:	0.00%	0.33			
Standard number 5 applied. [20.00]					
Correlation Coef.: 0.996210 Slope: 0.01941 Intercept: 0.01632					

Calibration data for Pb 283.31			Equation: Linear, Calculated Intercept		
ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. mg/L	Calculated Conc. mg/L	Standard Deviation	%RSD
Blanco	0.0000	0	-0.841	0.00	0.01
std 1	0.0587	2.00	2.182	0.00	0.38
std 2	0.1959	8.00	9.252	0.00	1.23
std 3	0.2870	14.00	13.943	0.00	0.71
std 4	0.3545	18.00	17.422	0.00	0.31
std 5	0.4053	20.00	20.041	0.00	0.33
Correlation Coef.: 0.996210 Slope: 0.01941 Intercept: 0.01632					

Figura 81. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb		Page 3		Date: 10/28/2020 10:37:31 AM	
Sequence No.: 7			Autosampler Location:		
Sample ID: N11			Date Collected: 10/28/2020 10:13:53 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N11			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.161	1.161	0.0389	10:13:54 AM	Yes
2	1.093	1.093	0.0375	10:13:55 AM	Yes
3	1.105	1.105	0.0378	10:13:56 AM	Yes
Mean:	1.120	1.120	0.0381		
SD:	0.0365	0.0365	0.0007		
%RSD:	3.26%	3.26%	1.86		
Sequence No.: 8			Autosampler Location:		
Sample ID: N12			Date Collected: 10/28/2020 10:14:06 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N12			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.368	2.368	0.0623	10:14:06 AM	Yes
2	2.413	2.413	0.0632	10:14:07 AM	Yes
3	2.359	2.359	0.0621	10:14:08 AM	Yes
Mean:	2.380	2.380	0.0625		
SD:	0.0290	0.0290	0.0006		
%RSD:	1.22%	1.22%	0.90		
Sequence No.: 9			Autosampler Location:		
Sample ID: N13			Date Collected: 10/28/2020 10:14:17 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N13			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.109	2.109	0.0573	10:14:17 AM	Yes
2	2.139	2.139	0.0578	10:14:18 AM	Yes
3	2.132	2.132	0.0577	10:14:19 AM	Yes
Mean:	2.127	2.127	0.0576		
SD:	0.0156	0.0156	0.0003		
%RSD:	0.73%	0.73%	0.52		
Sequence No.: 10			Autosampler Location:		
Sample ID: N14			Date Collected: 10/28/2020 10:14:30 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N14			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.419	1.419	0.0439	10:14:30 AM	Yes
2	1.425	1.425	0.0440	10:14:31 AM	Yes
3	1.382	1.382	0.0431	10:14:33 AM	Yes
Mean:	1.409	1.409	0.0437		
SD:	0.0232	0.0232	0.0005		
%RSD:	1.65%	1.65%	1.03		
Sequence No.: 11			Autosampler Location:		
Sample ID: N15			Date Collected: 10/28/2020 10:14:41 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Figura 82. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb		Page 4		Date: 10/28/2020 10:37:31 AM	
Replicate Data: N15					
					Analyte: Pb 283.31
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.742	0.742	0.0307	10:14:41 AM	Yes
2	0.739	0.739	0.0307	10:14:42 AM	Yes
3	0.752	0.752	0.0309	10:14:43 AM	Yes
Mean: 0.744		0.744	0.0308		
SD: 0.0065		0.0065	0.0001		
%RSD: 0.88%		0.88%	0.41		
Sequence No.: 12					
Sample ID: N21				Autosampler Location:	
Analyst:				Date Collected: 10/28/2020 10:16:16 AM	
				Data Type: Original	
Replicate Data: N21					
					Analyte: Pb 283.31
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.092	2.092	0.0569	10:16:17 AM	Yes
2	2.083	2.083	0.0568	10:16:18 AM	Yes
3	2.082	2.082	0.0567	10:16:19 AM	Yes
Mean: 2.086		2.086	0.0568		
SD: 0.0052		0.0052	0.0001		
%RSD: 0.25%		0.25%	0.18		
Sequence No.: 13					
Sample ID: N22				Autosampler Location:	
Analyst:				Date Collected: 10/28/2020 10:16:26 AM	
				Data Type: Original	
Replicate Data: N22					
					Analyte: Pb 283.31
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.796	2.796	0.0706	10:16:26 AM	Yes
2	2.812	2.812	0.0709	10:16:27 AM	Yes
3	2.880	2.880	0.0722	10:16:29 AM	Yes
Mean: 2.829		2.829	0.0712		
SD: 0.0443		0.0443	0.0009		
%RSD: 1.57%		1.57%	1.21		
Sequence No.: 14					
Sample ID: N23				Autosampler Location:	
Analyst:				Date Collected: 10/28/2020 10:16:39 AM	
				Data Type: Original	
Replicate Data: N23					
					Analyte: Pb 283.31
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.824	2.824	0.0711	10:16:39 AM	Yes
2	2.863	2.863	0.0719	10:16:40 AM	Yes
3	2.873	2.873	0.0721	10:16:41 AM	Yes
Mean: 2.853		2.853	0.0717		
SD: 0.0258		0.0258	0.0005		
%RSD: 0.90%		0.90%	0.70		
Sequence No.: 15					
Sample ID: N24				Autosampler Location:	
Analyst:				Date Collected: 10/28/2020 10:16:49 AM	
				Data Type: Original	
Replicate Data: N24					
					Analyte: Pb 283.31
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.513	2.513	0.0651	10:16:49 AM	Yes

Figura 83. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 5	Date: 10/28/2020 10:37:31 AM
2	2.540	2.540	0.0656	10:16:51 AM	Yes
3	2.606	2.606	0.0669	10:16:52 AM	Yes
Mean:	2.553	2.553	0.0659		
SD:	0.0476	0.0476	0.0009		
%RSD:	1.86%	1.86%	1.40		
Sequence No.: 16			Autosampler Location:		
Sample ID: N25			Date Collected: 10/28/2020 10:17:00 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N25				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.779	2.779	0.0703	10:17:00 AM	Yes
2	2.712	2.712	0.0690	10:17:02 AM	Yes
3	2.737	2.737	0.0695	10:17:03 AM	Yes
Mean:	2.743	2.743	0.0696		
SD:	0.0338	0.0338	0.0007		
%RSD:	1.23%	1.23%	0.94		
Sequence No.: 17			Autosampler Location:		
Sample ID: N31			Date Collected: 10/28/2020 10:19:22 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N31				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.971	1.971	0.0546	10:19:23 AM	Yes
2	1.925	1.925	0.0537	10:19:25 AM	Yes
3	1.996	1.996	0.0551	10:19:26 AM	Yes
Mean:	1.964	1.964	0.0544		
SD:	0.0361	0.0361	0.0007		
%RSD:	1.84%	1.84%	1.29		
Sequence No.: 18			Autosampler Location:		
Sample ID: N32			Date Collected: 10/28/2020 10:19:33 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N32				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.806	1.806	0.0514	10:19:33 AM	Yes
2	1.866	1.866	0.0525	10:19:34 AM	Yes
3	1.847	1.847	0.0522	10:19:35 AM	Yes
Mean:	1.840	1.840	0.0520		
SD:	0.0304	0.0304	0.0006		
%RSD:	1.65%	1.65%	1.13		
Sequence No.: 19			Autosampler Location:		
Sample ID: N33			Date Collected: 10/28/2020 10:19:43 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N33				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.186	3.186	0.0782	10:19:43 AM	Yes
2	3.182	3.182	0.0781	10:19:44 AM	Yes
3	3.173	3.173	0.0779	10:19:45 AM	Yes
Mean:	3.180	3.180	0.0781		
SD:	0.0069	0.0069	0.0001		
%RSD:	0.22%	0.22%	0.17		

Figura 84. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Sequence No.: 20 Autosampler Location:
 Sample ID: N34 Date Collected: 10/28/2020 10:19:53 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N34 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.049	2.049	0.0561	10:19:53 AM	Yes
2	2.074	2.074	0.0566	10:19:54 AM	Yes
3	2.052	2.052	0.0562	10:19:55 AM	Yes
Mean:	2.059	2.059	0.0563		
SD:	0.0136	0.0136	0.0003		
%RSD:	0.66%	0.66%	0.47		

Sequence No.: 21 Autosampler Location:
 Sample ID: N35 Date Collected: 10/28/2020 10:20:01 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N35 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.236	2.236	0.0597	10:20:02 AM	Yes
2	2.251	2.251	0.0600	10:20:03 AM	Yes
3	2.250	2.250	0.0600	10:20:04 AM	Yes
Mean:	2.246	2.246	0.0599		
SD:	0.0087	0.0087	0.0002		
%RSD:	0.39%	0.39%	0.28		

Sequence No.: 22 Autosampler Location:
 Sample ID: N41 Date Collected: 10/28/2020 10:21:23 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N41 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.063	2.063	0.0564	10:21:24 AM	Yes
2	2.028	2.028	0.0557	10:21:25 AM	Yes
3	2.023	2.023	0.0556	10:21:26 AM	Yes
Mean:	2.038	2.038	0.0559		
SD:	0.0218	0.0218	0.0004		
%RSD:	1.07%	1.07%	0.76		

Sequence No.: 23 Autosampler Location:
 Sample ID: N42 Date Collected: 10/28/2020 10:21:33 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N42 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.060	2.060	0.0563	10:21:33 AM	Yes
2	2.068	2.068	0.0565	10:21:34 AM	Yes
3	2.055	2.055	0.0562	10:21:36 AM	Yes
Mean:	2.061	2.061	0.0563		
SD:	0.0069	0.0069	0.0001		
%RSD:	0.33%	0.33%	0.24		

Sequence No.: 24 Autosampler Location:
 Sample ID: N43 Date Collected: 10/28/2020 10:21:42 AM
 Analyst: Data Type: Original

Figura 85. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Replicate Data: N43 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.057	2.057	0.0562	10:21:42 AM	Yes
2	2.126	2.126	0.0576	10:21:43 AM	Yes
3	2.011	2.011	0.0554	10:21:45 AM	Yes

Mean: 2.064 2.064 0.0564
SD: 0.0577 0.0577 0.0011
%RSD: 2.80% 2.80% 1.99

Sequence No.: 25 Autosampler Location:
Sample ID: N44 Date Collected: 10/28/2020 10:21:51 AM
Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N44 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.930	1.930	0.0538	10:21:51 AM	Yes
2	1.912	1.912	0.0534	10:21:52 AM	Yes
3	1.951	1.951	0.0542	10:21:54 AM	Yes

Mean: 1.931 1.931 0.0538
SD: 0.0195 0.0195 0.0004
%RSD: 1.01% 1.01% 0.70

Sequence No.: 26 Autosampler Location:
Sample ID: N45 Date Collected: 10/28/2020 10:22:01 AM
Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N45 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.101	2.101	0.0571	10:22:02 AM	Yes
2	2.075	2.075	0.0566	10:22:03 AM	Yes
3	2.118	2.118	0.0574	10:22:04 AM	Yes

Mean: 2.098 2.098 0.0570
SD: 0.0215 0.0215 0.0004
%RSD: 1.03% 1.03% 0.73

Sequence No.: 27 Autosampler Location:
Sample ID: N51 Date Collected: 10/28/2020 10:23:07 AM
Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N51 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.630	1.630	0.0480	10:23:08 AM	Yes
2	1.706	1.706	0.0494	10:23:09 AM	Yes
3	1.661	1.661	0.0486	10:23:11 AM	Yes

Mean: 1.666 1.666 0.0487
SD: 0.0379 0.0379 0.0007
%RSD: 2.27% 2.27% 1.51

Sequence No.: 28 Autosampler Location:
Sample ID: N52 Date Collected: 10/28/2020 10:23:18 AM
Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N52 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
--------	-----------------	---------------	----------------	------	---------------

Figura 86. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 8	Date: 10/28/2020 10:37:31 AM
1	1.638	1.638	0.0481	10:23:18 AM	Yes
2	1.706	1.706	0.0494	10:23:19 AM	Yes
3	1.726	1.726	0.0498	10:23:20 AM	Yes
Mean:	1.690	1.690	0.0491		
SD:	0.0460	0.0460	0.0009		
%RSD:	2.72%	2.72%	1.82		

Sequence No.: 29	Autosampler Location:
Sample ID: N53	Date Collected: 10/28/2020 10:23:27 AM
Analyst:	Data Type: Original

Replicate Data: N53				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.911	1.911	0.0534	10:23:27 AM	Yes
2	1.959	1.959	0.0543	10:23:28 AM	Yes
3	1.892	1.892	0.0531	10:23:29 AM	Yes
Mean:	1.921	1.921	0.0536		
SD:	0.0345	0.0345	0.0007		
%RSD:	1.80%	1.80%	1.25		

Sequence No.: 30	Autosampler Location:
Sample ID: N54	Date Collected: 10/28/2020 10:23:35 AM
Analyst:	Data Type: Original

Replicate Data: N54				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.813	1.813	0.0515	10:23:35 AM	Yes
2	1.853	1.853	0.0523	10:23:36 AM	Yes
3	1.838	1.838	0.0520	10:23:37 AM	Yes
Mean:	1.835	1.835	0.0519		
SD:	0.0204	0.0204	0.0004		
%RSD:	1.11%	1.11%	0.76		

Sequence No.: 31	Autosampler Location:
Sample ID: N55	Date Collected: 10/28/2020 10:23:44 AM
Analyst:	Data Type: Original

Replicate Data: N55				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.829	1.829	0.0518	10:23:44 AM	Yes
2	1.821	1.821	0.0517	10:23:46 AM	Yes
3	1.802	1.802	0.0513	10:23:47 AM	Yes
Mean:	1.817	1.817	0.0516		
SD:	0.0137	0.0137	0.0003		
%RSD:	0.75%	0.75%	0.51		

Sequence No.: 32	Autosampler Location:
Sample ID: N61	Date Collected: 10/28/2020 10:24:54 AM
Analyst:	Data Type: Original

Replicate Data: N61				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.606	1.606	0.0475	10:24:55 AM	Yes
2	1.577	1.577	0.0469	10:24:56 AM	Yes
3	1.614	1.614	0.0477	10:24:57 AM	Yes
Mean:	1.599	1.599	0.0474		
SD:	0.0197	0.0197	0.0004		

Figura 87. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb			Page 9	Date: 10/28/2020 10:37:31 AM	
%RSD:	1.23%	1.23%	0.81		
Sequence No.: 33			Autosampler Location:		
Sample ID: N62			Date Collected: 10/28/2020 10:25:04 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N62			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.947	1.947	0.0541	10:25:04 AM	Yes
2	1.977	1.977	0.0547	10:25:05 AM	Yes
3	1.982	1.982	0.0548	10:25:06 AM	Yes
Mean:	1.969	1.969	0.0545		
SD:	0.0192	0.0192	0.0004		
%RSD:	0.97%	0.97%	0.68		
Sequence No.: 34			Autosampler Location:		
Sample ID: N63			Date Collected: 10/28/2020 10:25:13 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N63			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.896	1.896	0.0531	10:25:13 AM	Yes
2	1.908	1.908	0.0534	10:25:14 AM	Yes
3	1.874	1.874	0.0527	10:25:15 AM	Yes
Mean:	1.893	1.893	0.0531		
SD:	0.0171	0.0171	0.0003		
%RSD:	0.90%	0.90%	0.63		
Sequence No.: 35			Autosampler Location:		
Sample ID: N64			Date Collected: 10/28/2020 10:25:21 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N64			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.812	1.812	0.0515	10:25:21 AM	Yes
2	1.851	1.851	0.0523	10:25:23 AM	Yes
3	1.857	1.857	0.0524	10:25:24 AM	Yes
Mean:	1.840	1.840	0.0520		
SD:	0.0245	0.0245	0.0005		
%RSD:	1.33%	1.33%	0.91		
Sequence No.: 36			Autosampler Location:		
Sample ID: N65			Date Collected: 10/28/2020 10:25:31 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N65			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.920	1.920	0.0536	10:25:31 AM	Yes
2	1.869	1.869	0.0526	10:25:33 AM	Yes
3	1.825	1.825	0.0517	10:25:34 AM	Yes
Mean:	1.871	1.871	0.0526		
SD:	0.0480	0.0480	0.0009		
%RSD:	2.56%	2.56%	1.77		
Sequence No.: 37			Autosampler Location:		
Sample ID: N71			Date Collected: 10/28/2020 10:26:40 AM		

Figura 88. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 10	Date: 10/28/2020 10:37:31 AM
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N71				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.979	1.979	0.0547	10:26:41 AM	Yes
2	1.933	1.933	0.0538	10:26:42 AM	Yes
3	1.975	1.975	0.0547	10:26:43 AM	Yes
Mean: 1.962		1.962	0.0544		
SD: 0.0257		0.0257	0.0005		
%RSD: 1.31%		1.31%	0.92		
Sequence No.: 38			Autosampler Location:		
Sample ID: N72			Date Collected: 10/28/2020 10:26:49 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N72				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.984	1.984	0.0548	10:26:49 AM	Yes
2	2.039	2.039	0.0559	10:26:50 AM	Yes
3	1.944	1.944	0.0541	10:26:51 AM	Yes
Mean: 1.989		1.989	0.0549		
SD: 0.0475		0.0475	0.0009		
%RSD: 2.39%		2.39%	1.68		
Sequence No.: 39			Autosampler Location:		
Sample ID: N73			Date Collected: 10/28/2020 10:26:58 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N73				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.863	1.863	0.0525	10:26:58 AM	Yes
2	1.898	1.898	0.0532	10:26:59 AM	Yes
3	1.810	1.810	0.0515	10:27:01 AM	Yes
Mean: 1.857		1.857	0.0524		
SD: 0.0441		0.0441	0.0009		
%RSD: 2.38%		2.38%	1.64		
Sequence No.: 40			Autosampler Location:		
Sample ID: N74			Date Collected: 10/28/2020 10:27:07 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N74				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.212	2.212	0.0593	10:27:07 AM	Yes
2	2.197	2.197	0.0590	10:27:09 AM	Yes
3	2.269	2.269	0.0604	10:27:10 AM	Yes
Mean: 2.226		2.226	0.0595		
SD: 0.0378		0.0378	0.0007		
%RSD: 1.70%		1.70%	1.23		
Sequence No.: 41			Autosampler Location:		
Sample ID: N75			Date Collected: 10/28/2020 10:27:17 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N75				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal

Figura 89. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 11	Date: 10/28/2020 10:37:31 AM
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.938	1.938	0.0539	10:27:18 AM	Yes
2	1.909	1.909	0.0534	10:27:19 AM	Yes
3	1.913	1.913	0.0534	10:27:20 AM	Yes
Mean:	1.920	1.920	0.0536		
SD:	0.0159	0.0159	0.0003		
%RSD:	0.83%	0.83%	0.58		

Sequence No.: 42			Autosampler Location:		
Sample ID: N81			Date Collected: 10/28/2020 10:28:28 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: N81				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.236	2.236	0.0597	10:28:29 AM	Yes
2	2.223	2.223	0.0595	10:28:30 AM	Yes
3	2.266	2.266	0.0603	10:28:31 AM	Yes
Mean:	2.242	2.242	0.0598		
SD:	0.0220	0.0220	0.0004		
%RSD:	0.98%	0.98%	0.71		

Sequence No.: 43			Autosampler Location:		
Sample ID: N82			Date Collected: 10/28/2020 10:28:38 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: N82				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.196	2.196	0.0589	10:28:38 AM	Yes
2	2.161	2.161	0.0583	10:28:39 AM	Yes
3	2.204	2.204	0.0591	10:28:40 AM	Yes
Mean:	2.187	2.187	0.0588		
SD:	0.0232	0.0232	0.0005		
%RSD:	1.06%	1.06%	0.77		

Sequence No.: 44			Autosampler Location:		
Sample ID: N83			Date Collected: 10/28/2020 10:28:47 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: N83				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.323	2.323	0.0614	10:28:47 AM	Yes
2	2.355	2.355	0.0620	10:28:49 AM	Yes
3	2.409	2.409	0.0631	10:28:50 AM	Yes
Mean:	2.362	2.362	0.0622		
SD:	0.0437	0.0437	0.0008		
%RSD:	1.85%	1.85%	1.36		

Sequence No.: 45			Autosampler Location:		
Sample ID: N84			Date Collected: 10/28/2020 10:28:57 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: N84				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.312	2.312	0.0612	10:28:57 AM	Yes
2	2.287	2.287	0.0607	10:28:58 AM	Yes
3	2.340	2.340	0.0617	10:28:59 AM	Yes
Mean:	2.313	2.313	0.0612		

Figura 90. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 12	Date: 10/28/2020 10:37:31 AM
SD:	0.0266	0.0266	0.0005		
%RSD:	1.15%	1.15%	0.84		
Sequence No.: 46			Autosampler Location:		
Sample ID: N85			Date Collected: 10/28/2020 10:29:06 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N85				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.260	2.260	0.0602	10:29:06 AM	Yes
2	2.290	2.290	0.0608	10:29:07 AM	Yes
3	2.223	2.223	0.0595	10:29:08 AM	Yes
Mean:	2.258	2.258	0.0602		
SD:	0.0334	0.0334	0.0006		
%RSD:	1.48%	1.48%	1.08		
Sequence No.: 47			Autosampler Location:		
Sample ID: N91			Date Collected: 10/28/2020 10:30:13 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N91				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.440	2.440	0.0637	10:30:14 AM	Yes
2	2.450	2.450	0.0639	10:30:15 AM	Yes
3	2.486	2.486	0.0646	10:30:16 AM	Yes
Mean:	2.459	2.459	0.0640		
SD:	0.0239	0.0239	0.0005		
%RSD:	0.97%	0.97%	0.73		
Sequence No.: 48			Autosampler Location:		
Sample ID: N92			Date Collected: 10/28/2020 10:30:23 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N92				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.272	2.272	0.0604	10:30:23 AM	Yes
2	2.307	2.307	0.0611	10:30:24 AM	Yes
3	2.251	2.251	0.0600	10:30:25 AM	Yes
Mean:	2.276	2.276	0.0605		
SD:	0.0286	0.0286	0.0006		
%RSD:	1.26%	1.26%	0.92		
Sequence No.: 49			Autosampler Location:		
Sample ID: N93			Date Collected: 10/28/2020 10:30:32 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
Replicate Data: N93				Analyte: Pb 283.31	
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.577	2.577	0.0663	10:30:32 AM	Yes
2	2.570	2.570	0.0662	10:30:33 AM	Yes
3	2.591	2.591	0.0666	10:30:35 AM	Yes
Mean:	2.579	2.579	0.0664		
SD:	0.0108	0.0108	0.0002		
%RSD:	0.42%	0.42%	0.32		
Sequence No.: 50			Autosampler Location:		

Figura 91. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Sample ID: N94 Date Collected: 10/28/2020 10:30:41 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N94 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.518	2.518	0.0652	10:30:41 AM	Yes
2	2.581	2.581	0.0664	10:30:43 AM	Yes
3	2.499	2.499	0.0648	10:30:44 AM	Yes
Mean:	2.532	2.532	0.0655		
SD:	0.0429	0.0429	0.0008		
%RSD:	1.70%	1.70%	1.27		

Sequence No.: 51 Autosampler Location:
 Sample ID: N95 Date Collected: 10/28/2020 10:30:50 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N95 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.553	2.553	0.0659	10:30:51 AM	Yes
2	2.571	2.571	0.0662	10:30:53 AM	Yes
3	2.614	2.614	0.0671	10:30:54 AM	Yes
Mean:	2.579	2.579	0.0664		
SD:	0.0311	0.0311	0.0006		
%RSD:	1.20%	1.20%	0.91		

Sequence No.: 52 Autosampler Location:
 Sample ID: N101 Date Collected: 10/28/2020 10:31:55 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N101 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.793	2.793	0.0705	10:31:56 AM	Yes
2	2.749	2.749	0.0697	10:31:57 AM	Yes
3	2.809	2.809	0.0708	10:31:58 AM	Yes
Mean:	2.784	2.784	0.0704		
SD:	0.0310	0.0310	0.0006		
%RSD:	1.12%	1.12%	0.86		

Sequence No.: 53 Autosampler Location:
 Sample ID: N102 Date Collected: 10/28/2020 10:32:05 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N102 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.041	3.041	0.0753	10:32:05 AM	Yes
2	3.055	3.055	0.0756	10:32:07 AM	Yes
3	2.984	2.984	0.0742	10:32:08 AM	Yes
Mean:	3.027	3.027	0.0751		
SD:	0.0373	0.0373	0.0007		
%RSD:	1.23%	1.23%	0.96		

Sequence No.: 54 Autosampler Location:
 Sample ID: N103 Date Collected: 10/28/2020 10:32:14 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N103 Analyte: Pb 283.31

Figura 92. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 14	Date: 10/28/2020 10:37:31 AM
Sequence No.: 55					
Sample ID: N104				Autosampler Location:	
Analyst:				Date Collected: 10/28/2020 10:32:23 AM	
				Data Type: Original	
Replicate Data: N104					
Analyte: Pb 283.31					
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.042	3.042	0.0754	10:32:14 AM	Yes
2	2.959	2.959	0.0738	10:32:15 AM	Yes
3	2.916	2.916	0.0729	10:32:17 AM	Yes
Mean:	2.972	2.972	0.0740		
SD:	0.0638	0.0638	0.0012		
%RSD:	2.15%	2.15%	1.67		
Sequence No.: 56					
Sample ID: N105				Autosampler Location:	
Analyst:				Date Collected: 10/28/2020 10:32:32 AM	
				Data Type: Original	
Replicate Data: N105					
Analyte: Pb 283.31					
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.883	2.883	0.0723	10:32:23 AM	Yes
2	2.903	2.903	0.0727	10:32:24 AM	Yes
3	2.940	2.940	0.0734	10:32:26 AM	Yes
Mean:	2.909	2.909	0.0728		
SD:	0.0292	0.0292	0.0006		
%RSD:	1.00%	1.00%	0.78		
Sequence No.: 57					
Sample ID: N111				Autosampler Location:	
Analyst:				Date Collected: 10/28/2020 10:33:39 AM	
				Data Type: Original	
Replicate Data: N111					
Analyte: Pb 283.31					
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.322	3.322	0.0808	10:33:40 AM	Yes
2	3.319	3.319	0.0807	10:33:41 AM	Yes
3	3.297	3.297	0.0803	10:33:43 AM	Yes
Mean:	3.312	3.312	0.0806		
SD:	0.0138	0.0138	0.0003		
%RSD:	0.42%	0.42%	0.33		
Sequence No.: 58					
Sample ID: N112				Autosampler Location:	
Analyst:				Date Collected: 10/28/2020 10:33:49 AM	
				Data Type: Original	
Replicate Data: N112					
Analyte: Pb 283.31					
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.356	3.356	0.0815	10:33:49 AM	Yes
2	3.363	3.363	0.0816	10:33:50 AM	Yes
3	3.333	3.333	0.0810	10:33:52 AM	Yes

Figura 93. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb			Page 15	Date: 10/28/2020 10:37:31 AM		
Mean:	3.351	3.351	0.0814			
SD:	0.0160	0.0160	0.0003			
%RSD:	0.48%	0.48%	0.38			

Sequence No.: 59			Autosampler Location:			
Sample ID: N113			Date Collected: 10/28/2020 10:33:58 AM			
Analyst:			Data Type: Original			

Replicate Data: N113			Analyte: Pb 283.31			
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal	Stored
1	3.172	3.172	0.0779	10:33:58 AM	Yes	Yes
2	3.139	3.139	0.0772	10:33:59 AM	Yes	Yes
3	3.119	3.119	0.0769	10:34:00 AM	Yes	Yes
Mean:	3.143	3.143	0.0773			
SD:	0.0268	0.0268	0.0005			
%RSD:	0.85%	0.85%	0.67			

Sequence No.: 60			Autosampler Location:			
Sample ID: N114			Date Collected: 10/28/2020 10:34:06 AM			
Analyst:			Data Type: Original			

Replicate Data: N114			Analyte: Pb 283.31			
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal	Stored
1	3.126	3.126	0.0770	10:34:06 AM	Yes	Yes
2	3.191	3.191	0.0783	10:34:08 AM	Yes	Yes
3	3.200	3.200	0.0784	10:34:09 AM	Yes	Yes
Mean:	3.172	3.172	0.0779			
SD:	0.0403	0.0403	0.0008			
%RSD:	1.27%	1.27%	1.00			

Sequence No.: 61			Autosampler Location:			
Sample ID: N115			Date Collected: 10/28/2020 10:34:15 AM			
Analyst:			Data Type: Original			

Replicate Data: N115			Analyte: Pb 283.31			
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal	Stored
1	3.188	3.188	0.0782	10:34:16 AM	Yes	Yes
2	3.249	3.249	0.0794	10:34:17 AM	Yes	Yes
3	3.193	3.193	0.0783	10:34:18 AM	Yes	Yes
Mean:	3.210	3.210	0.0786			
SD:	0.0340	0.0340	0.0007			
%RSD:	1.06%	1.06%	0.84			

Sequence No.: 62			Autosampler Location:			
Sample ID: N121			Date Collected: 10/28/2020 10:35:24 AM			
Analyst:			Data Type: Original			

Replicate Data: N121			Analyte: Pb 283.31			
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal	Stored
1	3.502	3.502	0.0843	10:35:24 AM	Yes	Yes
2	3.403	3.403	0.0824	10:35:25 AM	Yes	Yes
3	3.394	3.394	0.0822	10:35:26 AM	Yes	Yes
Mean:	3.433	3.433	0.0830			
SD:	0.0597	0.0597	0.0012			
%RSD:	1.74%	1.74%	1.40			

Figura 94. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb		Page 16		Date: 10/28/2020 10:37:31 AM	
Sequence No.: 63			Autosampler Location:		
Sample ID: N122			Date Collected: 10/28/2020 10:35:33 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
-----			-----		
Replicate Data: N122			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.208	2.208	0.0592	10:35:33 AM	Yes
2	2.246	2.246	0.0599	10:35:34 AM	Yes
3	2.170	2.170	0.0584	10:35:36 AM	Yes
Mean:	2.208	2.208	0.0592		
SD:	0.0383	0.0383	0.0007		
%RSD:	1.73%	1.73%	1.26		
-----			-----		
Sequence No.: 64			Autosampler Location:		
Sample ID: N123			Date Collected: 10/28/2020 10:35:42 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
-----			-----		
Replicate Data: N123			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.187	3.187	0.0782	10:35:42 AM	Yes
2	3.241	3.241	0.0792	10:35:43 AM	Yes
3	3.270	3.270	0.0798	10:35:44 AM	Yes
Mean:	3.233	3.233	0.0791		
SD:	0.0421	0.0421	0.0008		
%RSD:	1.30%	1.30%	1.03		
-----			-----		
Sequence No.: 65			Autosampler Location:		
Sample ID: N124			Date Collected: 10/28/2020 10:35:51 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
-----			-----		
Replicate Data: N124			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.463	3.463	0.0835	10:35:51 AM	Yes
2	3.495	3.495	0.0842	10:35:52 AM	Yes
3	3.482	3.482	0.0839	10:35:53 AM	Yes
Mean:	3.480	3.480	0.0839		
SD:	0.0159	0.0159	0.0003		
%RSD:	0.46%	0.46%	0.37		
-----			-----		
Sequence No.: 66			Autosampler Location:		
Sample ID: N125			Date Collected: 10/28/2020 10:35:59 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
-----			-----		
Replicate Data: N125			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.396	3.396	0.0822	10:36:00 AM	Yes
2	3.417	3.417	0.0826	10:36:01 AM	Yes
3	3.389	3.389	0.0821	10:36:03 AM	Yes
Mean:	3.400	3.400	0.0823		
SD:	0.0145	0.0145	0.0003		
%RSD:	0.42%	0.42%	0.34		
-----			-----		
Sequence No.: 67			Autosampler Location:		
Sample ID: N131			Date Collected: 10/28/2020 10:36:49 AM		
Analyst:			Data Type: Original		
-----			-----		

Figura 95. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Replicate Data: N131 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.435	3.435	0.0830	10:36:50 AM	Yes
2	3.446	3.446	0.0832	10:36:51 AM	Yes
3	3.471	3.471	0.0837	10:36:52 AM	Yes
Mean:	3.451	3.451	0.0833		
SD:	0.0180	0.0180	0.0003		
%RSD:	0.52%	0.52%	0.42		

Sequence No.: 68 Autosampler Location:
 Sample ID: N132 Date Collected: 10/28/2020 10:36:59 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: N132 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.535	3.535	0.0849	10:36:59 AM	Yes
2	3.603	3.603	0.0863	10:37:00 AM	Yes
3	3.549	3.549	0.0852	10:37:01 AM	Yes
Mean:	3.562	3.562	0.0855		
SD:	0.0359	0.0359	0.0007		
%RSD:	1.01%	1.01%	0.82		

Figura 97. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb		Page 2		Date: 11/18/2020 11:46:23 AM	
Correlation Coef.: 0.999029 Slope: 0.02413 Intercept: 0.00369					
Sequence No.: 4 Sample ID: std 3 Analyst:			Autosampler Location: Date Collected: 11/18/2020 11:27:26 AM Data Type: Original		

Replicate Data: std 3 Analyte: Pb 283.31					
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1		[14.00]	0.2827	11:27:26 AM	Yes
2		[14.00]	0.2840	11:27:27 AM	Yes
3		[14.00]	0.2851	11:27:28 AM	Yes
Mean:		[14.00]	0.2839		
SD:		0.0000	0.0012		
%RSD:		0.00%	0.42		
Standard number 3 applied. [14.00]					
Correlation Coef.: 0.992439 Slope: 0.02029 Intercept: 0.01231					

Sequence No.: 5 Sample ID: std 4 Analyst:			Autosampler Location: Date Collected: 11/18/2020 11:27:37 AM Data Type: Original		

Replicate Data: std 4 Analyte: Pb 283.31					
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1		[18.00]	0.3589	11:27:37 AM	Yes
2		[18.00]	0.3572	11:27:38 AM	Yes
3		[18.00]	0.3550	11:27:40 AM	Yes
Mean:		[18.00]	0.3570		
SD:		0.0000	0.0019		
%RSD:		0.00%	0.54		
Standard number 4 applied. [18.00]					
Correlation Coef.: 0.994826 Slope: 0.01945 Intercept: 0.01525					

Sequence No.: 6 Sample ID: std 5 Analyst:			Autosampler Location: Date Collected: 11/18/2020 11:27:47 AM Data Type: Original		

Replicate Data: std 5 Analyte: Pb 283.31					
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1		[20.00]	0.3989	11:27:48 AM	Yes
2		[20.00]	0.3999	11:27:49 AM	Yes
3		[20.00]	0.3996	11:27:50 AM	Yes
Mean:		[20.00]	0.3995		
SD:		0.0000	0.0005		
%RSD:		0.00%	0.13		
Standard number 5 applied. [20.00]					
Correlation Coef.: 0.996388 Slope: 0.01932 Intercept: 0.01583					

Calibration data for Pb 283.31 Equation: Linear, Calculated Intercept					
ID	Mean Signal	Entered Conc.	Calculated Conc.	Standard Deviation	%RSD
	(Abs)	mg/L	mg/L		
Blanco	0.0000	0	-0.820	0.00	0.00
std 1	0.0569	2.00	2.123	0.00	0.29
std 2	0.1955	8.00	9.298	0.00	0.87
std 3	0.2839	14.00	13.878	0.00	0.42
std 4	0.3570	18.00	17.661	0.00	0.54
std 5	0.3995	20.00	19.859	0.00	0.13
Correlation Coef.: 0.996388 Slope: 0.01932 Intercept: 0.01583					

Figura 98. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Sequence No.: 7 Autosampler Location:
 Sample ID: O11 Date Collected: 11/18/2020 11:29:38 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O11 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.690	1.690	0.0485	11:29:38 AM	Yes
2	1.657	1.657	0.0479	11:29:40 AM	Yes
3	1.679	1.679	0.0483	11:29:41 AM	Yes
Mean:	1.675	1.675	0.0482		
SD:	0.0167	0.0167	0.0003		
%RSD:	1.00%	1.00%	0.67		

Sequence No.: 8 Autosampler Location:
 Sample ID: O12 Date Collected: 11/18/2020 11:29:49 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O12 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.947	1.947	0.0535	11:29:49 AM	Yes
2	1.945	1.945	0.0534	11:29:50 AM	Yes
3	1.974	1.974	0.0540	11:29:51 AM	Yes
Mean:	1.956	1.956	0.0536		
SD:	0.0162	0.0162	0.0003		
%RSD:	0.83%	0.83%	0.58		

Sequence No.: 9 Autosampler Location:
 Sample ID: O13 Date Collected: 11/18/2020 11:30:00 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O13 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	1.717	1.717	0.0490	11:30:00 AM	Yes
2	1.748	1.748	0.0496	11:30:01 AM	Yes
3	1.737	1.737	0.0494	11:30:02 AM	Yes
Mean:	1.734	1.734	0.0493		
SD:	0.0157	0.0157	0.0003		
%RSD:	0.91%	0.91%	0.62		

Sequence No.: 10 Autosampler Location:
 Sample ID: O14 Date Collected: 11/18/2020 11:30:10 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O14 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.120	2.120	0.0568	11:30:10 AM	Yes
2	2.111	2.111	0.0566	11:30:12 AM	Yes
3	2.098	2.098	0.0564	11:30:13 AM	Yes
Mean:	2.110	2.110	0.0566		
SD:	0.0107	0.0107	0.0002		
%RSD:	0.51%	0.51%	0.37		

Sequence No.: 11 Autosampler Location:
 Sample ID: O15 Date Collected: 11/18/2020 11:30:21 AM
 Analyst: Data Type: Original

Figura 100. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb		Page 5	Date: 11/18/2020 11:46:23 AM		
2	3.327	3.327	0.0801	11:32:22 AM	Yes
3	3.346	3.346	0.0805	11:32:23 AM	Yes
Mean:	3.326	3.326	0.0801		
SD:	0.0206	0.0206	0.0004		
%RSD:	0.62%	0.62%	0.50		

Sequence No.: 16			Autosampler Location:		
Sample ID: O41			Date Collected: 11/18/2020 11:33:27 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O41			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.160	3.160	0.0769	11:33:28 AM	Yes
2	3.197	3.197	0.0776	11:33:29 AM	Yes
3	3.207	3.207	0.0778	11:33:30 AM	Yes
Mean:	3.188	3.188	0.0774		
SD:	0.0250	0.0250	0.0005		
%RSD:	0.79%	0.79%	0.62		

Sequence No.: 17			Autosampler Location:		
Sample ID: O42			Date Collected: 11/18/2020 11:33:37 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O42			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.221	3.221	0.0781	11:33:37 AM	Yes
2	3.282	3.282	0.0792	11:33:38 AM	Yes
3	3.242	3.242	0.0785	11:33:40 AM	Yes
Mean:	3.249	3.249	0.0786		
SD:	0.0310	0.0310	0.0006		
%RSD:	0.95%	0.95%	0.76		

Sequence No.: 18			Autosampler Location:		
Sample ID: O43			Date Collected: 11/18/2020 11:33:46 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O43			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.427	3.427	0.0820	11:33:46 AM	Yes
2	3.512	3.512	0.0837	11:33:48 AM	Yes
3	3.494	3.494	0.0833	11:33:49 AM	Yes
Mean:	3.478	3.478	0.0830		
SD:	0.0449	0.0449	0.0009		
%RSD:	1.29%	1.29%	1.05		

Sequence No.: 19			Autosampler Location:		
Sample ID: O44			Date Collected: 11/18/2020 11:33:56 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O44			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.441	3.441	0.0823	11:33:56 AM	Yes
2	3.441	3.441	0.0823	11:33:57 AM	Yes
3	3.493	3.493	0.0833	11:33:58 AM	Yes
Mean:	3.458	3.458	0.0826		
SD:	0.0302	0.0302	0.0006		
%RSD:	0.87%	0.87%	0.71		

Figura 101. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Sequence No.: 20 Autosampler Location:
 Sample ID: O45 Date Collected: 11/18/2020 11:34:07 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O45 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.612	3.612	0.0856	11:34:07 AM	Yes
2	3.603	3.603	0.0854	11:34:09 AM	Yes
3	3.596	3.596	0.0853	11:34:10 AM	Yes
Mean:	3.604	3.604	0.0855		
SD:	0.0078	0.0078	0.0002		
%RSD:	0.22%	0.22%	0.18		

Sequence No.: 21 Autosampler Location:
 Sample ID: O51 Date Collected: 11/18/2020 11:34:18 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O51 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.848	2.848	0.0709	11:34:18 AM	Yes
2	3.304	3.304	0.0797	11:34:20 AM	Yes
3	3.205	3.205	0.0778	11:34:21 AM	Yes
Mean:	3.119	3.119	0.0761		
SD:	0.2396	0.2396	0.0046		
%RSD:	7.68%	7.68%	6.08		

Sequence No.: 22 Autosampler Location:
 Sample ID: O51 Date Collected: 11/18/2020 11:34:47 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O51 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.248	3.248	0.0786	11:34:48 AM	Yes
2	3.287	3.287	0.0793	11:34:49 AM	Yes
3	3.271	3.271	0.0790	11:34:50 AM	Yes
Mean:	3.269	3.269	0.0790		
SD:	0.0196	0.0196	0.0004		
%RSD:	0.60%	0.60%	0.48		

Sequence No.: 23 Autosampler Location:
 Sample ID: O62 Date Collected: 11/18/2020 11:35:56 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O62 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.663	1.663	0.0480	11:35:56 AM	Yes
2	1.697	1.697	0.0486	11:35:58 AM	Yes
3	1.715	1.715	0.0490	11:35:59 AM	Yes
Mean:	1.691	1.691	0.0485		
SD:	0.0264	0.0264	0.0005		
%RSD:	1.56%	1.56%	1.05		

Sequence No.: 24 Autosampler Location:
 Sample ID: O63 Date Collected: 11/18/2020 11:36:07 AM
 Analyst: Data Type: Original

Figura 102. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Replicate Data: O63 **Analyte: Pb 283.31**

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.594	1.594	0.0466	11:36:07 AM	Yes
2	1.582	1.582	0.0464	11:36:08 AM	Yes
3	1.575	1.575	0.0463	11:36:09 AM	Yes
Mean:	1.584	1.584	0.0464		
SD:	0.0097	0.0097	0.0002		
%RSD:	0.61%	0.61%	0.40		

Sequence No.: 25 **Autosampler Location:**
Sample ID: O64 **Date Collected: 11/18/2020 11:36:19 AM**
Analyst: **Data Type: Original**

Replicate Data: O64 **Analyte: Pb 283.31**

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.787	1.787	0.0504	11:36:19 AM	Yes
2	1.695	1.695	0.0486	11:36:20 AM	Yes
3	1.752	1.752	0.0497	11:36:22 AM	Yes
Mean:	1.745	1.745	0.0495		
SD:	0.0462	0.0462	0.0009		
%RSD:	2.65%	2.65%	1.80		

Sequence No.: 26 **Autosampler Location:**
Sample ID: O64 **Date Collected: 11/18/2020 11:36:44 AM**
Analyst: **Data Type: Original**

Replicate Data: O64 **Analyte: Pb 283.31**

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.770	1.770	0.0500	11:36:44 AM	Yes
2	1.840	1.840	0.0514	11:36:46 AM	Yes
3	1.830	1.830	0.0512	11:36:47 AM	Yes
Mean:	1.813	1.813	0.0509		
SD:	0.0376	0.0376	0.0007		
%RSD:	2.07%	2.07%	1.43		

Sequence No.: 27 **Autosampler Location:**
Sample ID: O65 **Date Collected: 11/18/2020 11:36:54 AM**
Analyst: **Data Type: Original**

Replicate Data: O65 **Analyte: Pb 283.31**

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.852	1.852	0.0516	11:36:54 AM	Yes
2	1.826	1.826	0.0511	11:36:55 AM	Yes
3	1.813	1.813	0.0509	11:36:57 AM	Yes
Mean:	1.830	1.830	0.0512		
SD:	0.0198	0.0198	0.0004		
%RSD:	1.08%	1.08%	0.75		

Sequence No.: 28 **Autosampler Location:**
Sample ID: O64 **Date Collected: 11/18/2020 11:37:19 AM**
Analyst: **Data Type: Original**

Replicate Data: O64 **Analyte: Pb 283.31**

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
--------	-----------------	---------------	-----------------	------	---------------

Figura 103. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 8	Date: 11/18/2020 11:46:23 AM
1	1.793	1.793	0.0505	11:37:19 AM	Yes
2	1.790	1.790	0.0504	11:37:21 AM	Yes
3	1.786	1.786	0.0503	11:37:22 AM	Yes
Mean:	1.790	1.790	0.0504		
SD:	0.0034	0.0034	0.0001		
%RSD:	0.19%	0.19%	0.13		

Sequence No.: 29			Autosampler Location:		
Sample ID: O71			Date Collected: 11/18/2020 11:38:26 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O71			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.205	2.205	0.0584	11:38:27 AM	Yes
2	2.186	2.186	0.0581	11:38:28 AM	Yes
3	2.171	2.171	0.0578	11:38:29 AM	Yes
Mean:	2.187	2.187	0.0581		
SD:	0.0172	0.0172	0.0003		
%RSD:	0.79%	0.79%	0.57		

Sequence No.: 30			Autosampler Location:		
Sample ID: O72			Date Collected: 11/18/2020 11:38:37 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O72			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	1.137	1.137	0.0378	11:38:37 AM	Yes
2	1.111	1.111	0.0373	11:38:38 AM	Yes
3	1.147	1.147	0.0380	11:38:39 AM	Yes
Mean:	1.132	1.132	0.0377		
SD:	0.0186	0.0186	0.0004		
%RSD:	1.64%	1.64%	0.95		

Sequence No.: 31			Autosampler Location:		
Sample ID: O73			Date Collected: 11/18/2020 11:38:46 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O73			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.197	2.197	0.0583	11:38:46 AM	Yes
2	2.267	2.267	0.0596	11:38:48 AM	Yes
3	2.285	2.285	0.0600	11:38:49 AM	Yes
Mean:	2.249	2.249	0.0593		
SD:	0.0465	0.0465	0.0009		
%RSD:	2.07%	2.07%	1.52		

Sequence No.: 32			Autosampler Location:		
Sample ID: O73			Date Collected: 11/18/2020 11:39:08 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O73			Analyte: Pb 283.31		
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.238	2.238	0.0591	11:39:09 AM	Yes
2	2.171	2.171	0.0578	11:39:10 AM	Yes
3	2.281	2.281	0.0599	11:39:11 AM	Yes
Mean:	2.230	2.230	0.0589		
SD:	0.0558	0.0558	0.0011		

Figura 104. Determinación de plomo en muestras, continuación.

%RSD: 2.50% 2.50% 1.83

Sequence No.: 33 Autosampler Location:
 Sample ID: O82 Date Collected: 11/18/2020 11:39:59 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O82 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	4.115	4.115	0.0953	11:40:00 AM	Yes
2	4.186	4.186	0.0967	11:40:01 AM	Yes
3	4.191	4.191	0.0968	11:40:02 AM	Yes
Mean: 4.164 4.164 0.0963					
SD: 0.0425 0.0425 0.0008					
%RSD: 1.02% 1.02% 0.85					

Sequence No.: 34 Autosampler Location:
 Sample ID: O83 Date Collected: 11/18/2020 11:40:11 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O83 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	4.447	4.447	0.1017	11:40:11 AM	Yes
2	4.438	4.438	0.1016	11:40:12 AM	Yes
3	4.445	4.445	0.1017	11:40:13 AM	Yes
Mean: 4.444 4.444 0.1017					
SD: 0.0047 0.0047 0.0001					
%RSD: 0.11% 0.11% 0.09					

Sequence No.: 35 Autosampler Location:
 Sample ID: O84 Date Collected: 11/18/2020 11:40:21 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O84 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	4.386	4.386	0.1006	11:40:21 AM	Yes
2	4.347	4.347	0.0998	11:40:22 AM	Yes
3	4.338	4.338	0.0996	11:40:23 AM	Yes
Mean: 4.357 4.357 0.1000					
SD: 0.0254 0.0254 0.0005					
%RSD: 0.58% 0.58% 0.49					

Sequence No.: 36 Autosampler Location:
 Sample ID: O85 Date Collected: 11/18/2020 11:40:31 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O85 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	3.978	3.978	0.0927	11:40:31 AM	Yes
2	3.933	3.933	0.0918	11:40:33 AM	Yes
3	3.979	3.979	0.0927	11:40:34 AM	Yes
Mean: 3.963 3.963 0.0924					
SD: 0.0267 0.0267 0.0005					
%RSD: 0.67% 0.67% 0.56					

Sequence No.: 37 Autosampler Location:
 Sample ID: O91 Date Collected: 11/18/2020 11:41:30 AM

Figura 105. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O91 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	4.265	4.265	0.0982	11:41:30 AM	Yes
2	4.394	4.394	0.1007	11:41:32 AM	Yes
3	4.373	4.373	0.1003	11:41:33 AM	Yes
Mean:	4.344	4.344	0.0998		
SD:	0.0692	0.0692	0.0013		
%RSD:	1.59%	1.59%	1.34		

Sequence No.: 38 Autosampler Location:
 Sample ID: O92 Date Collected: 11/18/2020 11:41:40 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O92 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	4.715	4.715	0.1069	11:41:40 AM	Yes
2	4.707	4.707	0.1068	11:41:41 AM	Yes
3	4.764	4.764	0.1079	11:41:43 AM	Yes
Mean:	4.729	4.729	0.1072		
SD:	0.0306	0.0306	0.0006		
%RSD:	0.65%	0.65%	0.55		

Sequence No.: 39 Autosampler Location:
 Sample ID: O93 Date Collected: 11/18/2020 11:41:50 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O93 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	4.707	4.707	0.1068	11:41:50 AM	Yes
2	4.694	4.694	0.1065	11:41:51 AM	Yes
3	4.759	4.759	0.1078	11:41:52 AM	Yes
Mean:	4.720	4.720	0.1070		
SD:	0.0342	0.0342	0.0007		
%RSD:	0.73%	0.73%	0.62		

Sequence No.: 40 Autosampler Location:
 Sample ID: O94 Date Collected: 11/18/2020 11:42:03 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O94 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	4.772	4.772	0.1080	11:42:04 AM	Yes
2	4.711	4.711	0.1069	11:42:05 AM	Yes
3	4.716	4.716	0.1069	11:42:06 AM	Yes
Mean:	4.733	4.733	0.1073		
SD:	0.0336	0.0336	0.0006		
%RSD:	0.71%	0.71%	0.61		

Sequence No.: 41 Autosampler Location:
 Sample ID: O101 Date Collected: 11/18/2020 11:43:04 AM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O101 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
------	------------	----------	---------	------	--------

Figura 106. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb			Page 11	Date: 11/18/2020 11:46:23 AM		
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored	
1	5.324	5.324	0.1187	11:43:04 AM	Yes	
2	5.460	5.460	0.1213	11:43:05 AM	Yes	
3	5.393	5.393	0.1200	11:43:06 AM	Yes	
Mean:	5.392	5.392	0.1200			
SD:	0.0681	0.0681	0.0013			
%RSD:	1.26%	1.26%	1.10			
Sequence No.: 42			Autosampler Location:			
Sample ID: O102			Date Collected: 11/18/2020 11:43:14 AM			
Analyst:			Data Type: Original			
Replicate Data: O102			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	5.776	5.776	0.1274	11:43:14 AM	Yes	
2	5.818	5.818	0.1282	11:43:15 AM	Yes	
3	5.862	5.862	0.1291	11:43:17 AM	Yes	
Mean:	5.819	5.819	0.1282			
SD:	0.0427	0.0427	0.0008			
%RSD:	0.73%	0.73%	0.64			
Sequence No.: 43			Autosampler Location:			
Sample ID: O103			Date Collected: 11/18/2020 11:43:25 AM			
Analyst:			Data Type: Original			
Replicate Data: O103			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	5.585	5.585	0.1237	11:43:25 AM	Yes	
2	5.600	5.600	0.1240	11:43:26 AM	Yes	
3	5.605	5.605	0.1241	11:43:27 AM	Yes	
Mean:	5.597	5.597	0.1240			
SD:	0.0103	0.0103	0.0002			
%RSD:	0.18%	0.18%	0.16			
Sequence No.: 44			Autosampler Location:			
Sample ID: O104			Date Collected: 11/18/2020 11:43:35 AM			
Analyst:			Data Type: Original			
Replicate Data: O104			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	5.576	5.576	0.1236	11:43:36 AM	Yes	
2	5.554	5.554	0.1231	11:43:37 AM	Yes	
3	5.615	5.615	0.1243	11:43:38 AM	Yes	
Mean:	5.581	5.581	0.1237			
SD:	0.0310	0.0310	0.0006			
%RSD:	0.56%	0.56%	0.48			
Sequence No.: 45			Autosampler Location:			
Sample ID: O105			Date Collected: 11/18/2020 11:43:46 AM			
Analyst:			Data Type: Original			
Replicate Data: O105			Analyte: Pb 283.31			
Repl	SampleConc	StndConc	BlnkCorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	5.481	5.481	0.1217	11:43:46 AM	Yes	
2	5.548	5.548	0.1230	11:43:47 AM	Yes	
3	5.584	5.584	0.1237	11:43:48 AM	Yes	
Mean:	5.538	5.538	0.1228			

Figura 107. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 12	Date: 11/18/2020 11:46:23 AM
SD:	0.0523	0.0523	0.0010		
%RSD:	0.94%	0.94%	0.82		

Sequence No.: 46			Autosampler Location:		
Sample ID: O111			Date Collected: 11/18/2020 11:44:56 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O111			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	5.598	5.598	0.1240	11:44:57 AM	Yes
2	5.556	5.556	0.1232	11:44:58 AM	Yes
3	5.561	5.561	0.1233	11:44:59 AM	Yes
Mean:	5.571	5.571	0.1235		
SD:	0.0228	0.0228	0.0004		
%RSD:	0.41%	0.41%	0.36		

Sequence No.: 47			Autosampler Location:		
Sample ID: O112			Date Collected: 11/18/2020 11:45:06 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O112			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	5.981	5.981	0.1314	11:45:06 AM	Yes
2	6.106	6.106	0.1338	11:45:07 AM	Yes
3	6.148	6.148	0.1346	11:45:08 AM	Yes
Mean:	6.079	6.079	0.1333		
SD:	0.0869	0.0869	0.0017		
%RSD:	1.43%	1.43%	1.26		

Sequence No.: 48			Autosampler Location:		
Sample ID: O113			Date Collected: 11/18/2020 11:45:15 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O113			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	6.104	6.104	0.1337	11:45:15 AM	Yes
2	6.144	6.144	0.1345	11:45:17 AM	Yes
3	6.177	6.177	0.1352	11:45:18 AM	Yes
Mean:	6.141	6.141	0.1345		
SD:	0.0368	0.0368	0.0007		
%RSD:	0.60%	0.60%	0.53		

Sequence No.: 49			Autosampler Location:		
Sample ID: O114			Date Collected: 11/18/2020 11:45:25 AM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O114			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	5.951	5.951	0.1308	11:45:25 AM	Yes
2	6.021	6.021	0.1322	11:45:26 AM	Yes
3	6.029	6.029	0.1323	11:45:28 AM	Yes
Mean:	6.000	6.000	0.1318		
SD:	0.0431	0.0431	0.0008		
%RSD:	0.72%	0.72%	0.63		

Sequence No.: 50			Autosampler Location:		

Figura 108. Determinación de plomo en muestras, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 13 Date: 11/18/2020 11:46:23 AM

Sample ID: O115 Date Collected: 11/18/2020 11:45:35 AM
Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O115				Analyte: Pb 283.31	
Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	6.023	6.023	0.1322	11:45:36 AM	Yes
2	6.071	6.071	0.1331	11:45:37 AM	Yes
3	6.133	6.133	0.1343	11:45:38 AM	Yes
Mean:	6.076	6.076	0.1332		
SD:	0.0552	0.0552	0.0011		
%RSD:	0.91%	0.91%	0.80		

Figura 109. Determinación de plomo en muestras cada once horas.

```

Method: Determinacion de Pb                      Page    1                      Date: 11/25/2020 1:06:57 PM
-----
Analysis Begun
Logged In Analyst: Administrator                 Technique: AA Flame
Spectrometer: PinAAcle 900F, S/N PFBS13050203  Autosampler:

Sample Information File: C:\Users\Public\PerkinElmer\AA\Data\Sample Information\
201125 Pb en agua LF Mollinedo.sif
Batch ID: 201125
Results Data Set: 201125 Pb LFMollinedo
Results Library: C:\Users\Public\PerkinElmer\AA\Data\Results\Results.mdb
-----
Method Loaded
Method Name: Determinacion de Pb                Method Last Saved: 10/16/2020 9:23:07 AM
Method Description: Determinacion de Plomo
-----
Sequence No.: 1                                Autosampler Location:
Sample ID: Blanco                              Date Collected: 11/25/2020 12:41:53 PM
Analyst:                                       Data Type: Original
-----
Replicate Data: Blanco                         Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time        Signal
#    mg/L         mg/L      Signal
1    [0.00]        0.4173   12:41:54 PM  Yes
2    [0.00]        0.4177   12:41:55 PM  Yes
3    [0.00]        0.4177   12:41:56 PM  Yes
Mean: [0.00]        0.4176
SD:   0.0000      0.0003
%RSD: 0.00%      0.06
Auto-zero performed.
-----
Sequence No.: 2                                Autosampler Location:
Sample ID: Blanco                              Date Collected: 11/25/2020 12:41:58 PM
Analyst:                                       Data Type: Original
-----
Replicate Data: Blanco                         Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time        Signal
#    mg/L         mg/L      Signal
1    [0.00]        -0.0009  12:41:58 PM  Yes
2    [0.00]        -0.0010  12:42:00 PM  Yes
3    [0.00]        0.0004   12:42:01 PM  Yes
Mean: [0.00]        -0.0005
SD:   0.0000      0.0008
%RSD: 0.00%     145.62
Auto-zero performed.
-----
Sequence No.: 3                                Autosampler Location:
Sample ID: std 1                              Date Collected: 11/25/2020 12:42:12 PM
Analyst:                                       Data Type: Original
-----
Replicate Data: std 1                         Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time        Signal
#    mg/L         mg/L      Signal
1    [2.00]        0.0561   12:42:12 PM  Yes
2    [2.00]        0.0554   12:42:13 PM  Yes
3    [2.00]        0.0548   12:42:14 PM  Yes
Mean: [2.00]        0.0554
SD:   0.0000      0.0007
%RSD: 0.00%      1.19
Standard number 1 applied. [2.00]
Correlation Coef.: 1.000000  Slope: 0.02771  Intercept: 0.00000

```


Figura 111. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 3 Date: 11/25/2020 1:06:57 PM

%RSD: 0.00% 0.27
 Standard number 5 applied. [20.00]
 Correlation Coef.: 0.995352 Slope: 0.01821 Intercept: 0.01730

Calibration data for Pb 283.31 Equation: Linear, Calculated Intercept

ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. mg/L	Calculated Conc. mg/L	Standard Deviation	%RSD
Blanco	0.0000	0	-0.950	0.00	145.62
std 1	0.0554	2.00	2.093	0.00	1.19
std 2	0.1892	8.00	9.438	0.00	0.43
std 3	0.2747	14.00	14.133	0.00	0.35
std 4	0.3384	18.00	17.631	0.00	0.81
std 5	0.3752	20.00	19.655	0.00	0.27

Correlation Coef.: 0.995352 Slope: 0.01821 Intercept: 0.01730

Sequence No.: 8 Autosampler Location:
 Sample ID: O21 Date Collected: 11/25/2020 12:44:30 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O21 Analyte: Pb 283.31

Repl #	Sample Conc mg/L	Stnd Conc mg/L	Blk Corr	Time	Signal Stored
1	2.092	2.092	0.0554	12:44:31 PM	Yes
2	2.011	2.011	0.0539	12:44:32 PM	Yes
3	2.026	2.026	0.0542	12:44:33 PM	Yes
Mean:	2.043	2.043	0.0545		
SD:	0.0432	0.0432	0.0008		
%RSD:	2.11%	2.11%	1.44		

Sequence No.: 9 Autosampler Location:
 Sample ID: O23 Date Collected: 11/25/2020 12:44:40 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O23 Analyte: Pb 283.31

Repl #	Sample Conc mg/L	Stnd Conc mg/L	Blk Corr	Time	Signal Stored
1	1.919	1.919	0.0522	12:44:40 PM	Yes
2	1.905	1.905	0.0520	12:44:41 PM	Yes
3	1.917	1.917	0.0522	12:44:43 PM	Yes
Mean:	1.914	1.914	0.0521		
SD:	0.0075	0.0075	0.0001		
%RSD:	0.39%	0.39%	0.26		

Sequence No.: 10 Autosampler Location:
 Sample ID: O24 Date Collected: 11/25/2020 12:44:50 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O24 Analyte: Pb 283.31

Repl #	Sample Conc mg/L	Stnd Conc mg/L	Blk Corr	Time	Signal Stored
1	1.727	1.727	0.0487	12:44:50 PM	Yes
2	1.663	1.663	0.0476	12:44:51 PM	Yes
3	1.698	1.698	0.0482	12:44:52 PM	Yes
Mean:	1.696	1.696	0.0482		
SD:	0.0320	0.0320	0.0006		
%RSD:	1.89%	1.89%	1.21		

Sequence No.: 11 Autosampler Location:
 Sample ID: O25 Date Collected: 11/25/2020 12:45:00 PM
 Analyst: Data Type: Original

Figura 112. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

```

-----
Replicate Data: O25                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#    mg/L         mg/L      Signal    Signal    Stored
1    1.723        1.723    0.0487   12:45:00 PM Yes
2    1.683        1.683    0.0479   12:45:01 PM Yes
3    1.720        1.720    0.0486   12:45:02 PM Yes
Mean: 1.708        1.708    0.0484
SD:   0.0220      0.0220   0.0004
%RSD: 1.29%      1.29%    0.83
    
```

```

-----
Sequence No.: 12                                Autosampler Location:
Sample ID: O31                                  Date Collected: 11/25/2020 12:45:51 PM
Analyst:                                         Data Type: Original
    
```

```

-----
Replicate Data: O31                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#    mg/L         mg/L      Signal    Signal    Stored
1    3.775        3.775    0.0860   12:45:51 PM Yes
2    3.854        3.854    0.0875   12:45:53 PM Yes
3    3.892        3.892    0.0882   12:45:54 PM Yes
Mean: 3.840        3.840    0.0872
SD:   0.0596      0.0596   0.0011
%RSD: 1.55%      1.55%    1.24
    
```

```

-----
Sequence No.: 13                                Autosampler Location:
Sample ID: O32                                  Date Collected: 11/25/2020 12:46:01 PM
Analyst:                                         Data Type: Original
    
```

```

-----
Replicate Data: O32                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#    mg/L         mg/L      Signal    Signal    Stored
1    3.399        3.399    0.0792   12:46:01 PM Yes
2    3.423        3.423    0.0796   12:46:02 PM Yes
3    3.356        3.356    0.0784   12:46:04 PM Yes
Mean: 3.393        3.393    0.0791
SD:   0.0343      0.0343   0.0006
%RSD: 1.01%      1.01%    0.79
    
```

```

-----
Sequence No.: 14                                Autosampler Location:
Sample ID: O35                                  Date Collected: 11/25/2020 12:46:11 PM
Analyst:                                         Data Type: Original
    
```

```

-----
Replicate Data: O35                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#    mg/L         mg/L      Signal    Signal    Stored
1    2.943        2.943    0.0709   12:46:11 PM Yes
2    3.000        3.000    0.0719   12:46:12 PM Yes
3    2.944        2.944    0.0709   12:46:13 PM Yes
Mean: 2.963        2.963    0.0712
SD:   0.0328      0.0328   0.0006
%RSD: 1.11%      1.11%    0.84
    
```

```

-----
Sequence No.: 15                                Autosampler Location:
Sample ID: O52                                  Date Collected: 11/25/2020 12:47:04 PM
Analyst:                                         Data Type: Original
    
```

```

-----
Replicate Data: O52                               Analyte: Pb 283.31
Repl  SampleConc  StndConc  BlnkCorr  Time      Signal
#    mg/L         mg/L      Signal    Signal    Stored
    
```

Figura 113. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb				Page 5	Date: 11/25/2020 1:06:57 PM
1	3.371	3.371	0.0787	12:47:05 PM	Yes
2	3.382	3.382	0.0789	12:47:06 PM	Yes
3	3.443	3.443	0.0800	12:47:07 PM	Yes
Mean:	3.398	3.398	0.0792		
SD:	0.0387	0.0387	0.0007		
%RSD:	1.14%	1.14%	0.89		

Sequence No.: 16			Autosampler Location:		
Sample ID: O53			Date Collected: 11/25/2020 12:47:15 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O53			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.449	3.449	0.0801	12:47:15 PM	Yes
2	3.519	3.519	0.0814	12:47:16 PM	Yes
3	3.475	3.475	0.0806	12:47:17 PM	Yes
Mean:	3.481	3.481	0.0807		
SD:	0.0353	0.0353	0.0006		
%RSD:	1.01%	1.01%	0.80		

Sequence No.: 17			Autosampler Location:		
Sample ID: O54			Date Collected: 11/25/2020 12:47:25 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O54			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.594	3.594	0.0827	12:47:25 PM	Yes
2	3.560	3.560	0.0821	12:47:27 PM	Yes
3	3.604	3.604	0.0829	12:47:28 PM	Yes
Mean:	3.586	3.586	0.0826		
SD:	0.0230	0.0230	0.0004		
%RSD:	0.64%	0.64%	0.51		

Sequence No.: 18			Autosampler Location:		
Sample ID: O55			Date Collected: 11/25/2020 12:47:41 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O55			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	3.440	3.440	0.0799	12:47:42 PM	Yes
2	3.305	3.305	0.0775	12:47:43 PM	Yes
3	3.402	3.402	0.0793	12:47:44 PM	Yes
Mean:	3.382	3.382	0.0789		
SD:	0.0698	0.0698	0.0013		
%RSD:	2.07%	2.07%	1.61		

Sequence No.: 19			Autosampler Location:		
Sample ID: O61			Date Collected: 11/25/2020 12:47:52 PM		
Analyst:			Data Type: Original		

Replicate Data: O61			Analyte: Pb 283.31		
Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.029	2.029	0.0543	12:47:52 PM	Yes
2	2.019	2.019	0.0541	12:47:53 PM	Yes
3	2.034	2.034	0.0543	12:47:54 PM	Yes
Mean:	2.027	2.027	0.0542		
SD:	0.0080	0.0080	0.0001		

Figura 114. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 6 Date: 11/25/2020 1:06:57 PM

%RSD: 0.39% 0.39% 0.27

Sequence No.: 20 Autosampler Location:
 Sample ID: O74 Date Collected: 11/25/2020 12:48:52 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O74 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.078	2.078	0.0551	12:48:52 PM	Yes
2	2.228	2.228	0.0579	12:48:54 PM	Yes
3	2.147	2.147	0.0564	12:48:55 PM	Yes
Mean:	2.151	2.151	0.0565		
SD:	0.0749	0.0749	0.0014		
%RSD:	3.48%	3.48%	2.42		

Sequence No.: 21 Autosampler Location:
 Sample ID: O75 Date Collected: 11/25/2020 12:49:02 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O75 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	2.369	2.369	0.0604	12:49:02 PM	Yes
2	2.376	2.376	0.0606	12:49:03 PM	Yes
3	2.423	2.423	0.0614	12:49:04 PM	Yes
Mean:	2.389	2.389	0.0608		
SD:	0.0298	0.0298	0.0005		
%RSD:	1.25%	1.25%	0.89		

Sequence No.: 22 Autosampler Location:
 Sample ID: O81 Date Collected: 11/25/2020 12:49:11 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O81 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	4.373	4.373	0.0969	12:49:11 PM	Yes
2	4.466	4.466	0.0986	12:49:13 PM	Yes
3	4.547	4.547	0.1001	12:49:14 PM	Yes
Mean:	4.462	4.462	0.0986		
SD:	0.0874	0.0874	0.0016		
%RSD:	1.96%	1.96%	1.62		

Sequence No.: 23 Autosampler Location:
 Sample ID: O95 Date Collected: 11/25/2020 12:49:21 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: O95 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	4.429	4.429	0.0980	12:49:21 PM	Yes
2	4.416	4.416	0.0977	12:49:22 PM	Yes
3	4.395	4.395	0.0973	12:49:23 PM	Yes
Mean:	4.413	4.413	0.0977		
SD:	0.0170	0.0170	0.0003		
%RSD:	0.38%	0.38%	0.32		

Sequence No.: 24 Autosampler Location:
 Sample ID: O74 Date Collected: 11/25/2020 12:49:49 PM

Figura 115. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 7 Date: 11/25/2020 1:06:57 PM

Analyst: Data Type: Original

 Replicate Data: O74 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	2.239	2.239	0.0581	12:49:50 PM	Yes
2	2.187	2.187	0.0571	12:49:51 PM	Yes
3	2.264	2.264	0.0585	12:49:52 PM	Yes

 Mean: 2.230 2.230 0.0579
 SD: 0.0394 0.0394 0.0007
 %RSD: 1.77% 1.77% 1.24

Sequence No.: 25 Autosampler Location:
 Sample ID: P11 Date Collected: 11/25/2020 12:51:20 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P11 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	9.699	9.699	0.1939	12:51:21 PM	Yes
2	9.707	9.707	0.1941	12:51:22 PM	Yes
3	9.571	9.571	0.1916	12:51:24 PM	Yes

 Mean: 9.659 9.659 0.1932
 SD: 0.0765 0.0765 0.0014
 %RSD: 0.79% 0.79% 0.72

Sequence No.: 26 Autosampler Location:
 Sample ID: P12 Date Collected: 11/25/2020 12:51:32 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P12 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	8.860	8.860	0.1786	12:51:32 PM	Yes
2	9.001	9.001	0.1812	12:51:33 PM	Yes
3	8.901	8.901	0.1794	12:51:34 PM	Yes

 Mean: 8.920 8.920 0.1797
 SD: 0.0726 0.0726 0.0013
 %RSD: 0.81% 0.81% 0.74

Sequence No.: 27 Autosampler Location:
 Sample ID: P13 Date Collected: 11/25/2020 12:51:41 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P13 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	9.326	9.326	0.1871	12:51:41 PM	Yes
2	9.220	9.220	0.1852	12:51:42 PM	Yes
3	9.127	9.127	0.1835	12:51:44 PM	Yes

 Mean: 9.224 9.224 0.1853
 SD: 0.0997 0.0997 0.0018
 %RSD: 1.08% 1.08% 0.98

Sequence No.: 28 Autosampler Location:
 Sample ID: P14 Date Collected: 11/25/2020 12:51:51 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P14 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Time	Signal
------	------------	---------	---------	------	--------

Figura 116. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 8 Date: 11/25/2020 1:06:57 PM

#	mg/L	mg/L	Signal	Time	Stored
1	9.267	9.267	0.1861	12:51:52 PM	Yes
2	9.270	9.270	0.1861	12:51:53 PM	Yes
3	9.371	9.371	0.1880	12:51:54 PM	Yes
Mean:	9.303	9.303	0.1867		
SD:	0.0593	0.0593	0.0011		
%RSD:	0.64%	0.64%	0.58		

Sequence No.: 29 Autosampler Location:
 Sample ID: P15 Date Collected: 11/25/2020 12:52:02 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P15 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	9.412	9.412	0.1887	12:52:02 PM	Yes	
2	9.460	9.460	0.1896	12:52:04 PM	Yes	
3	9.420	9.420	0.1888	12:52:05 PM	Yes	
Mean:	9.431	9.431	0.1890			
SD:	0.0259	0.0259	0.0005			
%RSD:	0.27%	0.27%	0.25			

Sequence No.: 30 Autosampler Location:
 Sample ID: P21 Date Collected: 11/25/2020 12:53:56 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P21 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	10.46	10.46	0.2078	12:53:57 PM	Yes	
2	10.52	10.52	0.2088	12:53:58 PM	Yes	
3	10.56	10.56	0.2096	12:53:59 PM	Yes	
Mean:	10.51	10.51	0.2088			
SD:	0.049	0.049	0.0009			
%RSD:	0.47%	0.47%	0.43			

Sequence No.: 31 Autosampler Location:
 Sample ID: P22 Date Collected: 11/25/2020 12:54:07 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P22 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	10.84	10.84	0.2147	12:54:07 PM	Yes	
2	10.82	10.82	0.2143	12:54:08 PM	Yes	
3	10.78	10.78	0.2137	12:54:09 PM	Yes	
Mean:	10.81	10.81	0.2142			
SD:	0.030	0.030	0.0005			
%RSD:	0.28%	0.28%	0.25			

Sequence No.: 32 Autosampler Location:
 Sample ID: P23 Date Collected: 11/25/2020 12:54:16 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P23 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	BlkCorr	Time	Signal	Stored
#	mg/L	mg/L	Signal			
1	10.75	10.75	0.2130	12:54:16 PM	Yes	
2	10.86	10.86	0.2151	12:54:17 PM	Yes	
3	11.03	11.03	0.2181	12:54:18 PM	Yes	
Mean:	10.88	10.88	0.2154			

Figura 117. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 9 Date: 11/25/2020 1:06:57 PM

SD: 0.140 0.140 0.0025
 %RSD: 1.28% 1.28% 1.18

Sequence No.: 33 Autosampler Location:
 Sample ID: P24 Date Collected: 11/25/2020 12:54:28 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P24 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	10.86	10.86	0.2150	12:54:29 PM	Yes
2	10.91	10.91	0.2161	12:54:30 PM	Yes
3	11.06	11.06	0.2188	12:54:31 PM	Yes
Mean:	10.95	10.95	0.2166		
SD:	0.106	0.106	0.0019		
%RSD:	0.97%	0.97%	0.89		

Sequence No.: 34 Autosampler Location:
 Sample ID: P25 Date Collected: 11/25/2020 12:54:39 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P25 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	10.90	10.90	0.2158	12:54:39 PM	Yes
2	10.97	10.97	0.2170	12:54:40 PM	Yes
3	10.97	10.97	0.2172	12:54:42 PM	Yes
Mean:	10.95	10.95	0.2166		
SD:	0.041	0.041	0.0007		
%RSD:	0.37%	0.37%	0.34		

Sequence No.: 35 Autosampler Location:
 Sample ID: P31 Date Collected: 11/25/2020 12:55:44 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P31 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	11.50	11.50	0.2267	12:55:44 PM	Yes
2	11.54	11.54	0.2274	12:55:46 PM	Yes
3	11.75	11.75	0.2313	12:55:47 PM	Yes
Mean:	11.60	11.60	0.2285		
SD:	0.137	0.137	0.0025		
%RSD:	1.18%	1.18%	1.09		

Sequence No.: 36 Autosampler Location:
 Sample ID: P32 Date Collected: 11/25/2020 12:55:55 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P32 Analyte: Pb 283.31

Repl	SampleConc	StndConc	Blncorr	Time	Signal
#	mg/L	mg/L	Signal		Stored
1	12.05	12.05	0.2367	12:55:55 PM	Yes
2	12.07	12.07	0.2371	12:55:56 PM	Yes
3	11.99	11.99	0.2357	12:55:58 PM	Yes
Mean:	12.04	12.04	0.2365		
SD:	0.040	0.040	0.0007		
%RSD:	0.33%	0.33%	0.31		

Sequence No.: 37 Autosampler Location:

Figura 118. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 10 Date: 11/25/2020 1:06:57 PM

Sample ID: P33 Date Collected: 11/25/2020 12:56:06 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P33 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.01	12.01	0.2359	12:56:06 PM	Yes
2	11.99	11.99	0.2356	12:56:07 PM	Yes
3	12.15	12.15	0.2385	12:56:08 PM	Yes
Mean:	12.05	12.05	0.2367		
SD:	0.087	0.087	0.0016		
%RSD:	0.72%	0.72%	0.67		

Sequence No.: 38 Autosampler Location:
 Sample ID: P34 Date Collected: 11/25/2020 12:56:16 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P34 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.37	12.37	0.2425	12:56:16 PM	Yes
2	12.37	12.37	0.2426	12:56:18 PM	Yes
3	12.13	12.13	0.2383	12:56:19 PM	Yes
Mean:	12.29	12.29	0.2411		
SD:	0.136	0.136	0.0025		
%RSD:	1.11%	1.11%	1.03		

Sequence No.: 39 Autosampler Location:
 Sample ID: P35 Date Collected: 11/25/2020 12:56:27 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P35 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.15	12.15	0.2385	12:56:27 PM	Yes
2	12.24	12.24	0.2402	12:56:28 PM	Yes
3	12.20	12.20	0.2395	12:56:29 PM	Yes
Mean:	12.20	12.20	0.2394		
SD:	0.046	0.046	0.0008		
%RSD:	0.38%	0.38%	0.35		

Sequence No.: 40 Autosampler Location:
 Sample ID: P41 Date Collected: 11/25/2020 12:57:31 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P41 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	11.96	11.96	0.2351	12:57:32 PM	Yes
2	12.00	12.00	0.2359	12:57:33 PM	Yes
3	12.19	12.19	0.2393	12:57:34 PM	Yes
Mean:	12.05	12.05	0.2368		
SD:	0.120	0.120	0.0022		
%RSD:	1.00%	1.00%	0.93		

Sequence No.: 41 Autosampler Location:
 Sample ID: P42 Date Collected: 11/25/2020 12:57:41 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P42 Analyte: Pb 283.31

Figura 119. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 11 Date: 11/25/2020 1:06:57 PM

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.82	12.82	0.2507	12:57:41 PM	Yes
2	12.82	12.82	0.2507	12:57:42 PM	Yes
3	12.71	12.71	0.2488	12:57:43 PM	Yes
Mean:	12.78	12.78	0.2501		
SD:	0.063	0.063	0.0011		
%RSD:	0.49%	0.49%	0.46		

Sequence No.: 42 Autosampler Location:
 Sample ID: P43 Date Collected: 11/25/2020 12:57:51 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P43 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.60	12.60	0.2467	12:57:51 PM	Yes
2	12.78	12.78	0.2501	12:57:52 PM	Yes
3	12.80	12.80	0.2504	12:57:53 PM	Yes
Mean:	12.73	12.73	0.2491		
SD:	0.113	0.113	0.0020		
%RSD:	0.88%	0.88%	0.82		

Sequence No.: 43 Autosampler Location:
 Sample ID: P44 Date Collected: 11/25/2020 12:58:01 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P44 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.57	12.57	0.2461	12:58:01 PM	Yes
2	12.79	12.79	0.2503	12:58:03 PM	Yes
3	12.88	12.88	0.2519	12:58:04 PM	Yes
Mean:	12.75	12.75	0.2494		
SD:	0.164	0.164	0.0030		
%RSD:	1.29%	1.29%	1.20		

Sequence No.: 44 Autosampler Location:
 Sample ID: P45 Date Collected: 11/25/2020 12:58:11 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P45 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.77	12.77	0.2499	12:58:12 PM	Yes
2	12.77	12.77	0.2499	12:58:13 PM	Yes
3	12.89	12.89	0.2521	12:58:14 PM	Yes
Mean:	12.81	12.81	0.2506		
SD:	0.070	0.070	0.0013		
%RSD:	0.55%	0.55%	0.51		

Sequence No.: 45 Autosampler Location:
 Sample ID: P51 Date Collected: 11/25/2020 12:59:41 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P51 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.24	12.24	0.2402	12:59:41 PM	Yes
2	12.26	12.26	0.2405	12:59:42 PM	Yes
3	12.24	12.24	0.2402	12:59:44 PM	Yes

Figura 120. Determinación de plomo en muestras cada once horas, continuación.

Method: Determinacion de Pb Page 12 Date: 11/25/2020 1:06:58 PM

Mean: 12.24 12.24 0.2403
 SD: 0.010 0.010 0.0002
 %RSD: 0.08% 0.08% 0.07

Sequence No.: 46 Autosampler Location:
 Sample ID: P52 Date Collected: 11/25/2020 12:59:51 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P52 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.47	12.47	0.2444	12:59:51 PM	Yes
2	12.52	12.52	0.2454	12:59:52 PM	Yes
3	12.51	12.51	0.2450	12:59:54 PM	Yes
Mean:	12.50	12.50	0.2449		
SD:	0.025	0.025	0.0005		
%RSD:	0.20%	0.20%	0.19		

Sequence No.: 47 Autosampler Location:
 Sample ID: P53 Date Collected: 11/25/2020 1:00:03 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P53 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.67	12.67	0.2480	1:00:03 PM	Yes
2	12.63	12.63	0.2472	1:00:04 PM	Yes
3	12.61	12.61	0.2468	1:00:06 PM	Yes
Mean:	12.63	12.63	0.2474		
SD:	0.034	0.034	0.0006		
%RSD:	0.27%	0.27%	0.25		

Sequence No.: 48 Autosampler Location:
 Sample ID: P54 Date Collected: 11/25/2020 1:00:15 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P54 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.71	12.71	0.2487	1:00:15 PM	Yes
2	12.77	12.77	0.2499	1:00:17 PM	Yes
3	12.88	12.88	0.2519	1:00:18 PM	Yes
Mean:	12.79	12.79	0.2502		
SD:	0.088	0.088	0.0016		
%RSD:	0.69%	0.69%	0.64		

Sequence No.: 49 Autosampler Location:
 Sample ID: P55 Date Collected: 11/25/2020 1:00:27 PM
 Analyst: Data Type: Original

Replicate Data: P55 Analyte: Pb 283.31

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	12.75	12.75	0.2495	1:00:27 PM	Yes
2	12.77	12.77	0.2498	1:00:28 PM	Yes
3	12.69	12.69	0.2484	1:00:29 PM	Yes
Mean:	12.74	12.74	0.2492		
SD:	0.039	0.039	0.0007		
%RSD:	0.31%	0.31%	0.28		

C. INFORMACIÓN ADICIONAL

Figura 121. Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites permisibles (LMP).

Substancia	LMP, en miligramos por litro
Arsénico (As)	0.010
Bario (Ba)	0.700
Boro (B)	0.300
Cadmio (Cd)	0.003
Cianuro (CN ⁻)	0.070
Cromo (Cr)	0.050
Mercurio (Hg)	0.001
Plomo (Pb)	0.010
Selenio (Se)	0.010

(Norma COGUANOR NGO 29 001, 1985).

Figura 122. Frecuencia de los estiramientos de los enlaces.

Enlace	Energía de enlace [kJ (kcal)]	Frecuencia de estiramiento (cm ⁻¹)
<i>La frecuencia disminuye con el incremento de la masa atómica</i>		
C—H	420 (100)	3000
C—D	420 (100)	2100
C—C	350 (83)	1200
<i>La frecuencia aumenta con la energía de enlace</i>		
C—C	350 (83)	1200
C=C	611 (146)	1660
C≡C	840 (200)	2200
C—N	305 (73)	1200
C=N	615 (147)	1650
C≡N	891 (213)	2200
C—O	360 (86)	1100
C=O	745 (178)	1700

(Wade y Simekm, 2017).

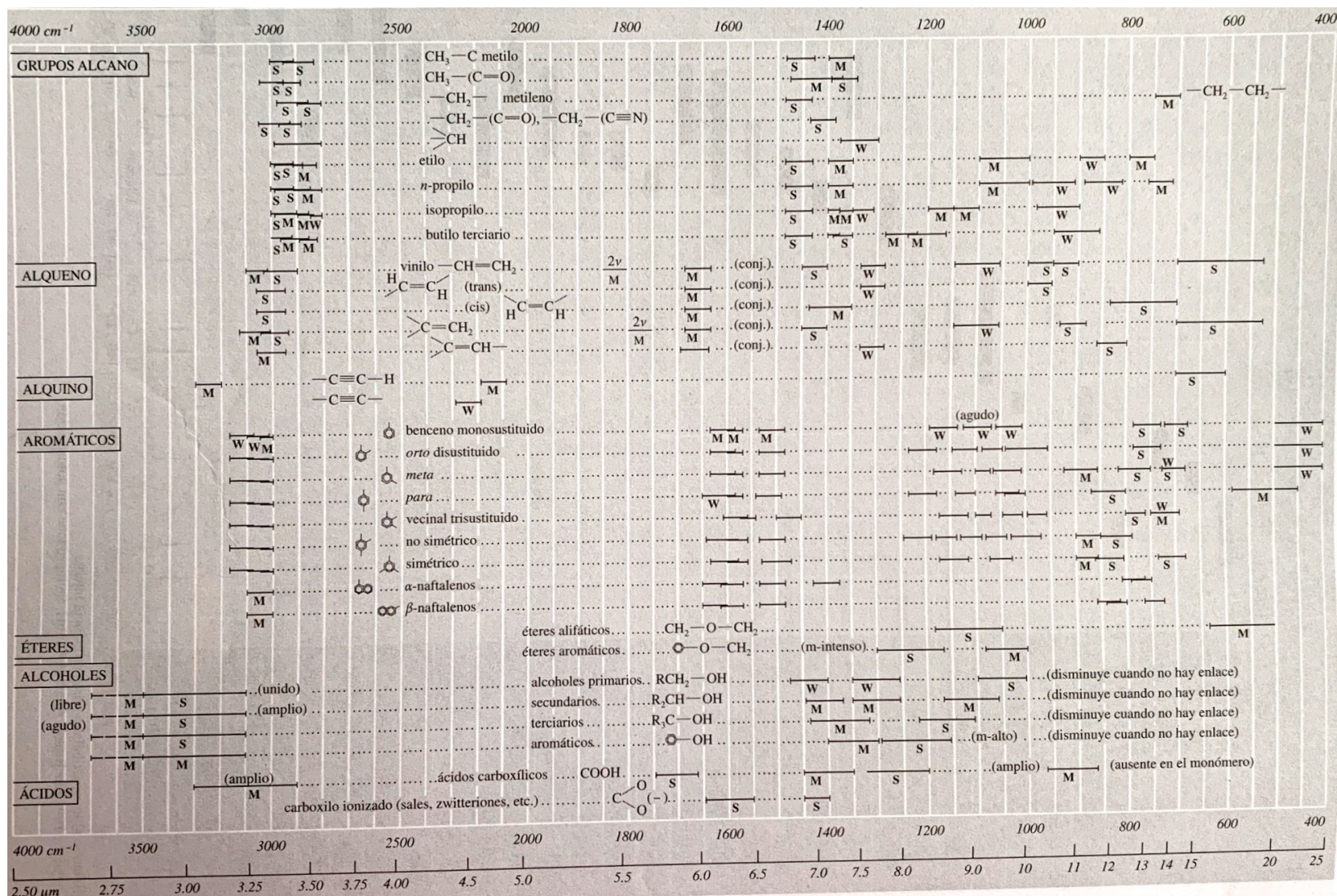
Figura 123. IR: Absorciones en el infrarrojo características de los grupos funcionales.

Grupo	Intensidad ^a	Intervalo (cm ⁻¹)	Grupo	Intensidad ^a	Intervalo (cm ⁻¹)
A. Cromóforos hidrocarbonados			B. Cromóforos carbonílicos		
1. Tensión C—H			1. Vibraciones de tensión de cetonas		
a. Alcano	m-s	2962-2853	a. Saturados, acíclicos	s	1725-1705
b. Alqueno monosustituido (vinilo)	m	3040-3010	b. Saturados, cíclicos		
Alqueno, disustituido, <i>cis</i>	y m	3095-3075	Anillo de 6 miembros (y mayores)	s	1725-1705
Alqueno, disustituido, <i>trans</i>	m	3040-3010	Anillo de 5 miembros	s	1750-1740
Alqueno disustituido, <i>gem</i>	m	3040-3010	Anillo de 4 miembros	s	~1775
Alqueno, trisustituido	m	3095-3075	c. α , β -insaturados, acíclicos	s	1685-1665
c. Alquino	s	~3300	d. α , β -insaturados, cíclicos:		
d. Aromático	v	~3030	Anillo de 6 miembros (y mayores)	s	1685-1665
2. Torsión del C—H			Anillo de 5 miembros	s	1725-1708
a. Alcano, C—H	w	~1340	e. α , β , α' , β' -insaturados, acíclicos	s	1670-1663
Alcano, —CH ₂ —	m	1485-1445	f. Arilo	s	1700-1680
Alcano, —CH ₃	m	1470-1430	g. Diarilo	s	1670-1660
Alcano, <i>gem</i> -dimetilo	y s	1380-1370	h. β -Dicetonas	s	1730-1710
Alcano, <i>ter</i> -butilo	s	1385-1380	i. β -Dicetonas (enólicas)	s	1640-1540
	y s	1370-1365	j. 1,4-quinonas	s	1690-1660
	m	1395-1385	k. cetonas	s	~2150
	y s	~1365	2. Aldehídos		
b. Alqueno, monosustituido (vinilo)	s	995-985	a. Vibraciones de tensión del grupo carbonilo:		
	s	915-905	Saturados, alifáticos	s	1740-1720
	y s	1420-1410	α , β -insaturados, alifáticos	s	1705-1680
Alqueno, disustituido, <i>cis</i>	s	~690	α , β , γ , δ -insaturados, alifático	s	1680-1660
Alqueno, disustituido, <i>trans</i>	s	970-960	Arilo	s	1715-1695
Alqueno disustituido, <i>gem</i>	y m	1310-1295	b. Vibraciones de tensión C—H		
	s	895-885	dos bandas	w	2900-2820
	y s	1420-1410		y w	2775-2700
Alqueno, trisustituido	s	840-790	3. Vibraciones de tensión de ésteres		
c. Alquino	s	~630	a. Saturados, acíclicos	s	1750-1735
d. Aromático: tipo de sustitución: ^b			b. Saturados, cíclicos		
Cinco átomos de hidrógeno adyacentes	v, s	~750	δ -Lactonas (y anillos más grandes)	s	1750-1735
Cuatro átomos de hidrógeno adyacentes	y v, s	~700	γ -Lactonas	s	1780-1760
Tres átomos de hidrógeno adyacentes	v, s	~750	β -Lactonas	s	~1820
Dos átomos de hidrógeno adyacentes	v, m	~780	c. Insaturados:		
Un átomo de hidrógeno	v, m	~830	tipo éster vinílico	s	1800-1770
	v, m	~880	α , β -insaturados y arilo	s	1730-1717
3. Tensión de enlaces múltiples C—C			α , β -insaturados, δ -lactona	s	1730-1717
a. Alqueno, no conjugado	v	1680-1620	α , β -insaturados, γ -lactona	s	1760-1740
Alqueno, monosustituido (vinilo)	m	~1645	α , γ -insaturados, γ -lactona	s	~1800
Alqueno, disustituido, <i>cis</i>	m	~1658	d. α -cetoésteres	s	1755-1740
Alqueno, disustituido, <i>trans</i>	m	~1675	e. β -cetoésteres (enólicos)	s	~1650
Alqueno disustituido, <i>gem</i>	m	~1653	f. Carbonatos	s	1780-1740
Alqueno, trisustituido	m	~1669	g. Tioésteres	s	~1690
Alqueno, tetrasustituido	w	~1669	4. Ácidos carboxílicos		
Dieno	w	~1650	a. Vibraciones de tensión del grupo carbonilo		
	y w	~1600	Saturados alifáticos	s	1725-1700
b. Alquino, monosustituido	m	2140-2100	α , β -insaturados alifáticos	s	1715-1690
Alquino, disustituido	v, w	2260-2190	Arilo	s	1700-1680
c. Aleno	m	~1960	b. Tensión del grupo hidroxilo (unido), varias bandas	w	2700-2500
	y m	~1060	c. Tensión del anión carboxilato	s	1610-1550
	v	~1600		y s	1400-1300
	v	~1580	5. Vibraciones de tensión de anhídridos		
	m	~1500	a. Saturados, acíclicos	s	1850-1800
	y m	~1450		y s	1790-1740

(continúa)

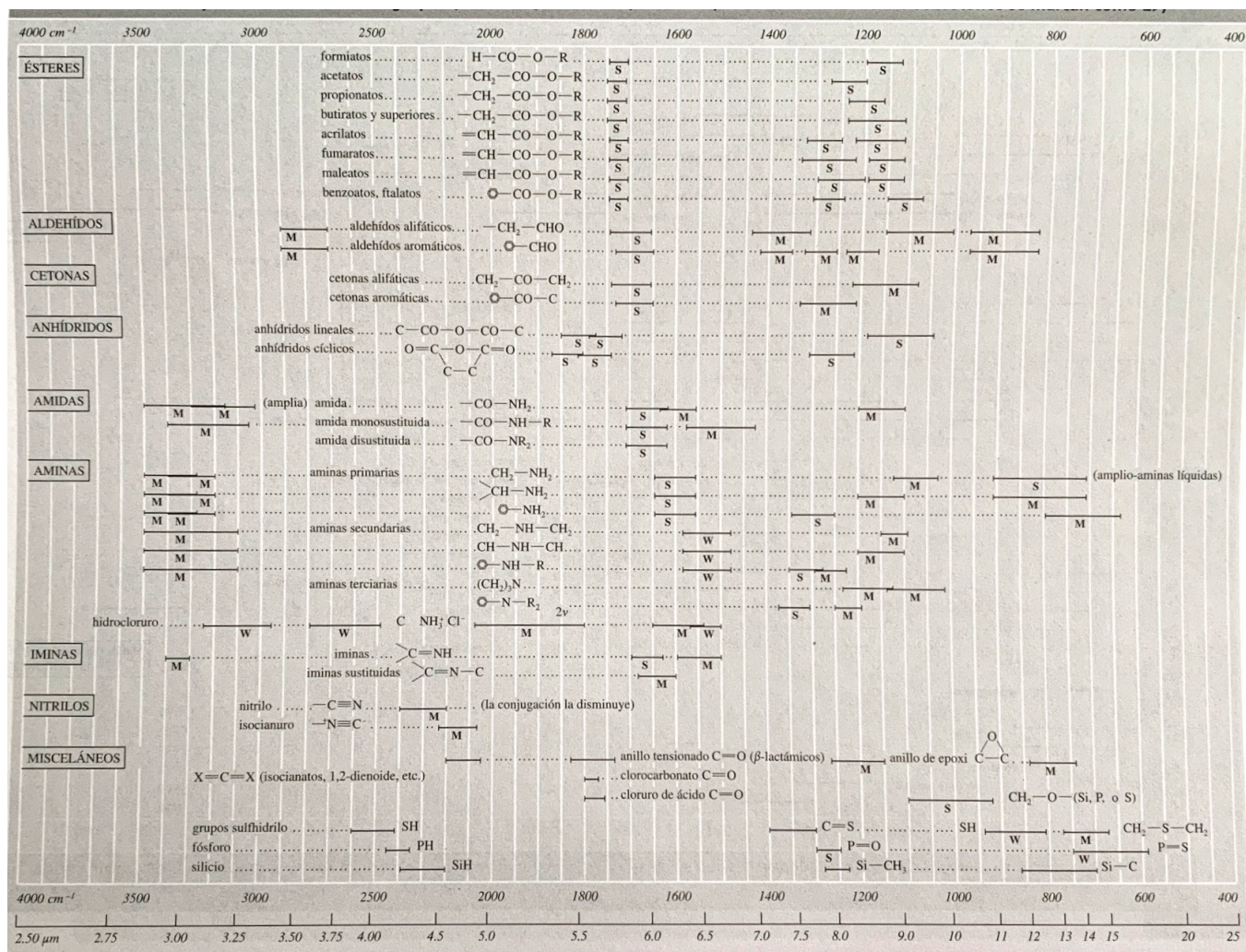
(Wade y Simekm, 2017).

Figura 124. IR: Frecuencias infrarrojo características de los grupos (s = fuerte, m = medio, w = débil).



(Wade y Simekm, 2017).

Figura 125. IR: Frecuencias infrarrojo características de los grupos (s = fuerte, m = medio, w = débil); continuación.



(Wade y Simekm, 2017).

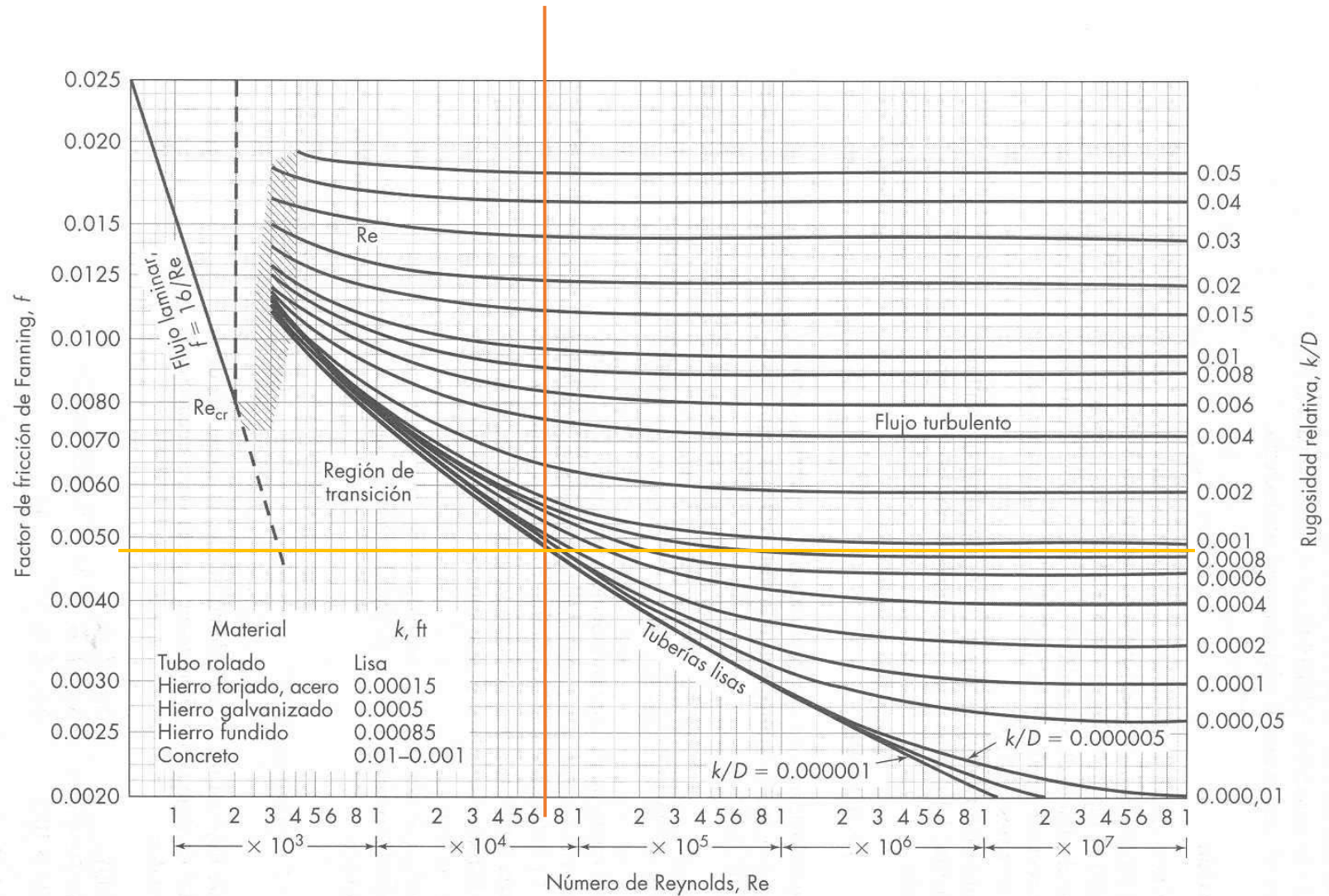
Figura 126. Relaciones entre el tamaño de la tubería, la velocidad volumétrica del flujo y la velocidad del fluido.

Dimensiones, capacidades y pesos de tuberías estándar de acero[†]

Tamaño nominal de tubería, in.	Diámetro exterior, in.	Número de cédula	Espesor de pared, in.	Diámetro interior, in.	Área de la sección transversal del metal, in. ²	Área de la sección interior, ft ²	Circunferencia, ft, o superficie, ft ² /ft de longitud		Capacidad para la velocidad de 1 ft/s		Peso de la tubería, lb/ft
							Exterior	Interior	U.S. gal/min	Agua, lb/h	
1/8	0.405	40	0.068	0.269	0.072	0.00040	0.106	0.0705	0.179	89.5	0.24
		80	0.095	0.215	0.093	0.00025	0.106	0.0563	0.113	56.5	0.31
1/4	0.540	40	0.088	0.364	0.125	0.00072	0.141	0.095	0.323	161.5	0.42
		80	0.119	0.302	0.157	0.00050	0.141	0.079	0.224	112.0	0.54
3/8	0.675	40	0.091	0.493	0.167	0.00133	0.177	0.129	0.596	298.0	0.57
		80	0.126	0.423	0.217	0.00098	0.177	0.111	0.440	220.0	0.74
1/2	0.840	40	0.109	0.622	0.250	0.00211	0.220	0.163	0.945	472.0	0.85
		80	0.147	0.546	0.320	0.00163	0.220	0.143	0.730	365.0	1.09
3/4	1.050	40	0.113	0.824	0.333	0.00371	0.275	0.216	1.665	832.5	1.13
		80	0.154	0.742	0.433	0.00300	0.275	0.194	1.345	672.5	1.47
1	1.315	40	0.133	1.049	0.494	0.00600	0.344	0.275	2.690	1345	1.68
		80	0.179	0.957	0.639	0.00499	0.344	0.250	2.240	1120	2.17
1 1/4	1.660	40	0.140	1.380	0.668	0.01040	0.435	0.361	4.57	2285	2.27
		80	0.191	1.278	0.881	0.00891	0.435	0.335	3.99	1995	3.00
1 1/2	1.900	40	0.145	1.610	0.800	0.01414	0.497	0.421	6.34	3170	2.72
		80	0.200	1.500	1.069	0.01225	0.497	0.393	5.49	2745	3.63
2	2.375	40	0.154	2.067	1.075	0.02330	0.622	0.541	10.45	5225	3.65
		80	0.218	1.939	1.477	0.02050	0.622	0.508	9.20	4600	5.02
2 1/2	2.875	40	0.203	2.469	1.704	0.03322	0.753	0.647	14.92	7460	5.79
		80	0.276	2.323	2.254	0.02942	0.753	0.608	13.20	6600	7.66
3	3.500	40	0.216	3.068	2.228	0.05130	0.916	0.803	23.00	11500	7.58
		80	0.300	2.900	3.016	0.04587	0.916	0.759	20.55	10275	10.25
3 1/2	4.000	40	0.226	3.548	2.680	0.06870	1.047	0.929	30.80	15400	9.11
		80	0.318	3.364	3.678	0.06170	1.047	0.881	27.70	13850	12.51
4	4.500	40	0.237	4.026	3.17	0.08840	1.178	1.054	39.6	19800	10.79
		80	0.337	3.826	4.41	0.07986	1.178	1.002	35.8	17900	14.98
5	5.563	40	0.258	5.047	4.30	0.1390	1.456	1.321	62.3	31150	14.62
		80	0.375	4.813	6.11	0.1263	1.456	1.260	57.7	28850	20.78
6	6.625	40	0.280	6.065	5.58	0.2006	1.734	1.588	90.0	45000	18.97
		80	0.432	5.761	8.40	0.1810	1.734	1.508	81.1	40550	28.57
8	8.625	40	0.322	7.981	8.396	0.3474	2.258	2.089	155.7	77850	28.55
		80	0.500	7.625	12.76	0.3171	2.258	1.996	142.3	71150	43.39
10	10.75	40	0.365	10.020	11.91	0.5475	2.814	2.620	246.0	123000	40.48
		80	0.594	9.562	18.95	0.4987	2.814	2.503	223.4	111700	64.40
12	12.75	40	0.406	11.938	15.74	0.7773	3.338	3.13	349.0	174500	53.56
		80	0.688	11.374	26.07	0.7056	3.338	2.98	316.7	158350	88.57


[†]Basados en ANSI B36. 10-1959, con autorización de ASME.

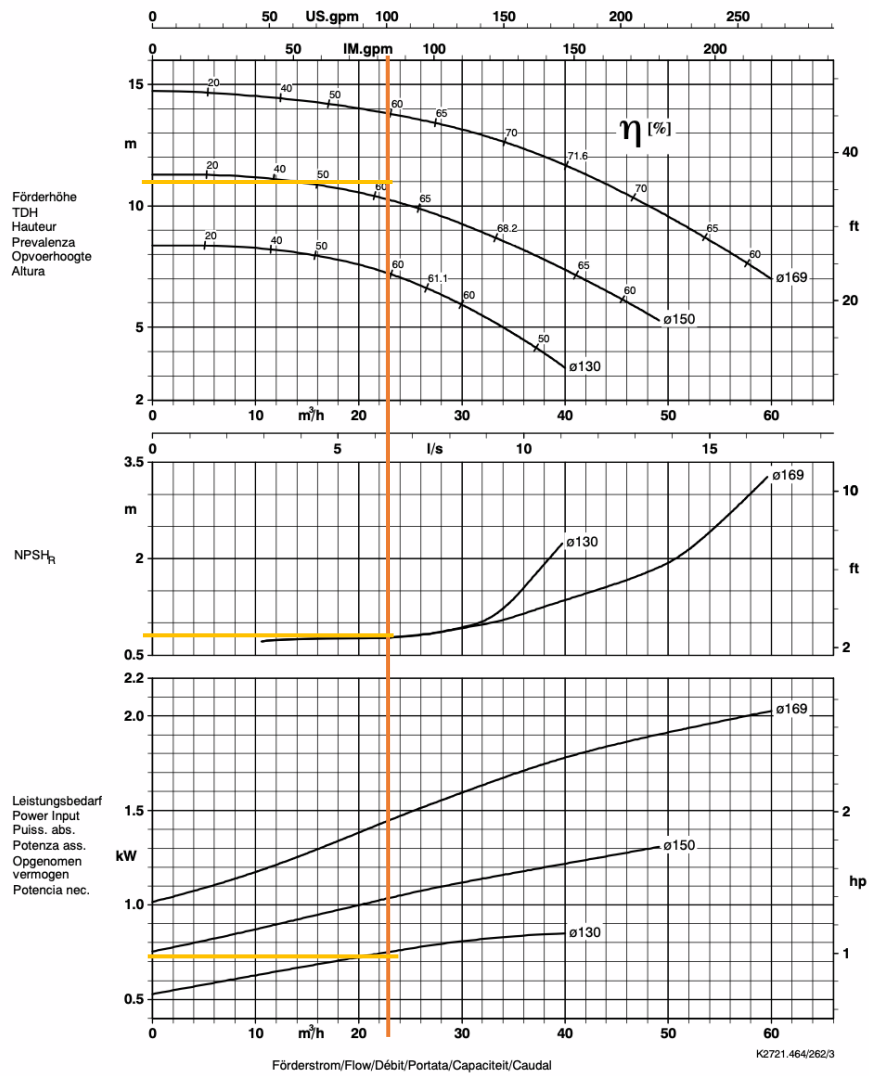
Figura 127. Gráfica del factor de fricción para tuberías circulares.



(Adaptado de L. W. Moody, "Friction Factors for Pipe Flow", Trans. ASME 66:672[1944]).


Figura 128. Lectura de la potencia y eficiencia de la bomba de entrada a la columna del sistema natural.

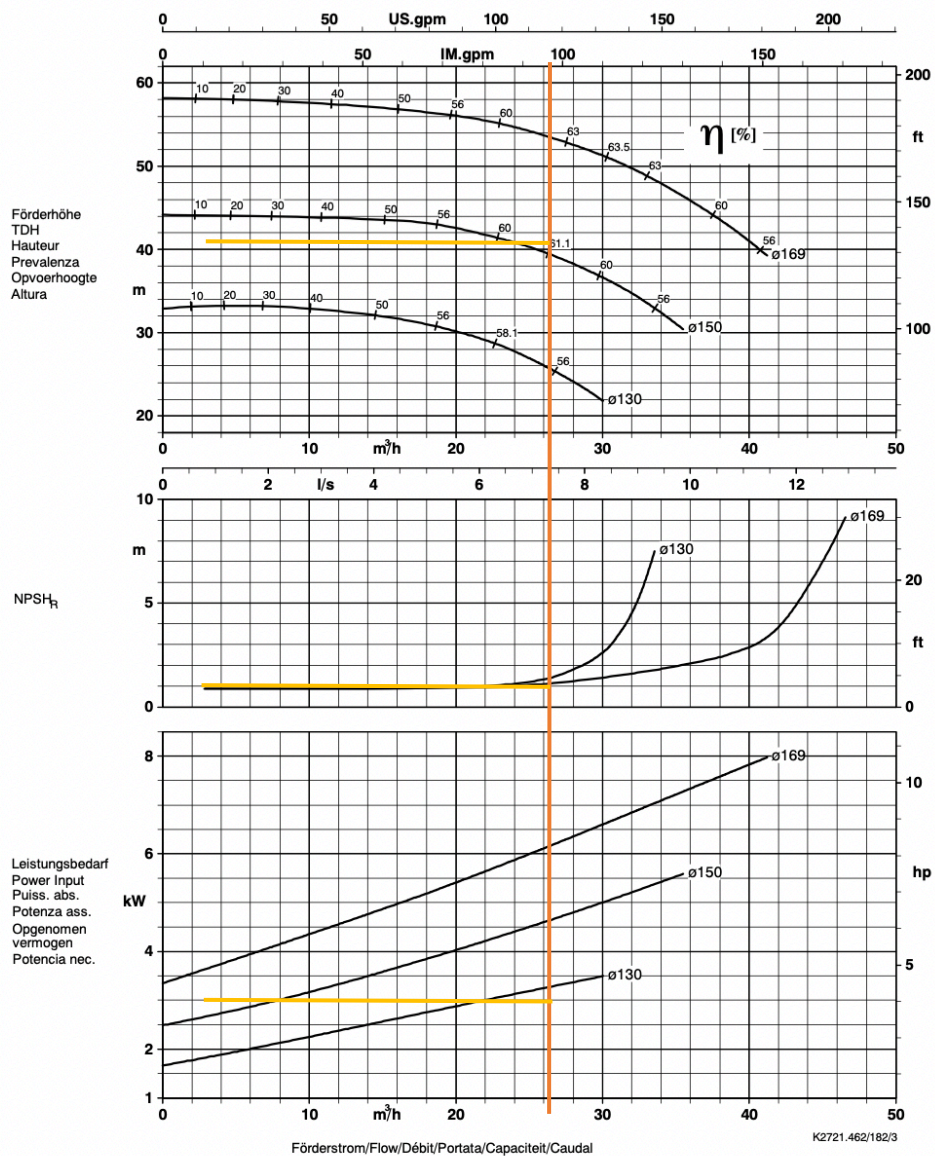
Baureihe-Größe Type-Size Modèle CPKN / -CHs 50-160 - HPK-L	Tipo Serie Tipo 50-160	Nenn-drehzahl Nom. speed Vitesse nom. 1750 1/min	Velocità di rotazione nom. Nom. speed Nominal rotational Revolutions nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaier ø Rodete	 KSB Aktiengesellschaft Postfach 1361 91253 Pegnitz Bahnhofplatz 1 91257 Pegnitz
Projekt Project Projet	Progetto Project Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offertenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positionr. Pos.-Nr.	



Laufradaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 15 mm
 Luce della girante/Waaier uitredbreedte/Anchura de salida rodete 15 mm

Figura 129. Lectura de la potencia y eficiencia de la bomba de entrada a la columna del sistema natural.

Baureihe-Größe Type-Size Modèle CPKN / -CHs 40-160 HPK-L	Tipo Serie Tipo	Nennzahl Nom. speed Vitesse nom.	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaier ø Rodete	 KSB Aktiengesellschaft Postfach 1361 91253 Pegnitz Bahnhofplatz 1 91257 Pegnitz
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offertenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positiönr. Pos.-Nr.	



Laufradaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 9 mm
 Luce della girante/Waaier uitredebreedte/Anchura de salida rodete 9 mm

Figura 130. Ficha técnica de lavadora con salida por banda transportadora GEWA XL.



GEWA XL

Lavadora con salida por banda transportadora



Excelentes resultados de lavado para altas cantidades de lechugas

La recientemente desarrollada lavadora GEWA XL se presenta con su diseño ergonómico y compacto. Es especialmente adecuada para aplicaciones industriales de altas capacidades, gracias a un sistema innovador altamente eficiente y con un uso mínimo de energía. Lechugas, ensaladas, por ejemplo tipo Iceberg hasta 5 t / h o variedades de babyleaf hasta 1.5 t / h, se lavan efectiva y suavemente gracias a un sistema de flujo helicoidal optimizado. Esto significa que este sistema rotatorio fue diseñado e implementado por primera vez para esta máquina de alta capacidad de KRONEN.

FUNCIÓN & DESCRIPCIÓN:

Los productos de hoja se entregan en forma particularmente cuidadosa, por medio de su ingreso en un torrente de agua (flume), ideal para productos de hojas grandes y baby leaf. Poseen un suministro de agua orientándola ingeniosamente, a través de tuberías de fácil higienización que no requieren de ningún ajuste. Gracias a la combinación de tecnologías innovadoras, el producto gira de manera muy cuidadosa, distribuyéndose controladamente a través de todo el volumen del tanque de lavado.

Gracias a su construcción muy compacta se cuida mucho el uso del espacio y la reducción de la cantidad de agua. Igualmente con esta máquina, el sistema helicoidal KRONEN asegura que el producto en el tanque circule una distancia en forma de espiral, cubriendo unas 4 veces el largo del propio tanque.

La lechuga se distribuye óptimamente, de manera que el agua tenga acceso para limpiarlo 360° durante el proceso de limpieza.

Los productos lavados son transportados por el torrente de agua hacia un sistema transportador de descarga recientemente diseñado. Por encima de la banda, se encuentran dos sistemas de rociado o duchas que se pueden conectar individualmente, y otorgarán un enjuague adicional a las lechugas.

Al transitar por la banda transportadora de salida, los productos ya van perdiendo agua, es decir, el agua en exceso comienza a desprenderse del producto en esta etapa. Un ventilador de succión está colocado debajo de la malla transportadora, en combinación con un sistema de soplador de cuchilla de aire, reduciendo en más del 50% el acarreo de agua.

La nueva GEWA XL con su sistema de lavado innovador, ofrece condiciones inmejorables para obtener ensaladas microbiológicamente seguras para el consumo.



www.kronen.eu

(Kronen, 2019).

Figura 131. Ficha técnica de lavadora con salida por banda transportadora, continuación.

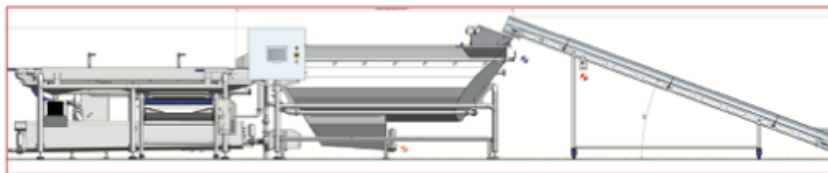


Funciones inteligentes y que ahorran energía:

La lavadora GEWA XL se caracteriza por su extraordinaria performance y se destaca por sus funciones inteligentes y que ahorran energía:

- Gracias a su proceso de rotación y su tiempo de permanencia en baño de aprox. 45 segundos, los productos se lavan cuidadosa y escrupulosamente, logrando una reducción de gérmenes optimizada.
- El "WMS" Water Management System o sistema de administración de agua permite controlar centralizadamente el llenado y vaciado de la lavadora, al igual que el suministro de agua fresca.
- A lo largo del tanque de lavado completo está instalado un sofisticado y mejorado separador de insectos.
- El diseño moderno y ergonómico de la GEWA XL facilita, pues es muy necesario, el trabajo de limpieza simple y rápido. La GEWA XL está equipada con plataformas. De este modo todas las cañerías son de muy fácil acceso. Todas ellas están provistas de conectores de caño tipo industria láctea, con lo cual se desmontan o se abren para ser higienizados mecánicamente con cepillos provistos especialmente.
- La trampa de arenas o unidad de sedimentación elimina eficientemente las arenas y piedras pequeñas, así como otros componentes contaminantes pesados.
- El diseño del tanque en combinación con la circulación innovadora del agua, ofrecen una enorme ventaja en la higiene: la reducción de biofilms.
- El sistema lateral de extracción de partes finas o filtro automático, asegura una operación continua, mismo en el caso de productos formadores de espumas conteniendo pequeñas partículas o insectos. Los residuos orgánicos se eliminan mediante una espesa optimizada.
- Gracias a estas ventajas funcionales, el tiempo de vida útil y por lo tanto la calidad del producto se incrementan.
- La succión de alta calidad en la banda de salida previene el innecesario acarreo de agua, reduciendo notablemente la humedad residual.

Información técnica:	
Max. capacidad:	Iceberg = 5000 kg/h, Baby leaf = 1500 kg/h
Dimensiones máx. sección de lavado (l x a x a):	3721 x 2321 x 1920 mm
Volumen tanque de lavado:	max 2 m³
Volumen tanque de filtro:	max 1 m³
Rendimiento:	16 kW



Desarrollamos y fabricamos maquinaria, máquinas especiales y también líneas completas para el proceso de la industria alimenticia. Ofrecemos soluciones personalizadas para usted, incorporando exitosamente máquinas unitarias en líneas eficientes.

Nos alegramos de su contacto con nosotros.



KRONEN GmbH

Römerstraße 2a
77964 Kehl am Rhein
Alemania

Teléfono: + 49 (0) 78 54 / 96 46 - 0
Fax: + 49 (0) 78 54 / 96 46 - 500
info@kronen.eu


www.kronen.eu

(Kronen, 2019).

Figura 132. Ficha técnica de horno deshidratador Aingetherm, modelo HD 120-1000 AG P.

AINGETHERM

- DISEÑO
- PROYECTO
- CONSTRUCCIÓN



HOME
DESHIDRATADORES
CURADO
SECADO
ELÉCTRICOS
TRATAMIENTO TÉRMICO
CONTACTO

HORNOS Industriales

- Hornos
- Minería
- Industria
- Procesos
- Clientes

Buscar

HORNOS INDUSTRIALES / DESHIDRATADORES



HORNO DESHIDRATADO FRUTOS

Modelo	: HD 120-1000 AG P
Dimensión horno	: 2000 x 1700 x 2000 + 500 Sist. Extracción mm. (Ancho, Fondo, Alto)
Hogar horno	: Acero inoxidable AISI 304 L
Carga	: Sobre 02 carros
Cantidad de parrillas	: 70 parrillas porta alimentos por horno
Formato de parrillas	: 800 x 600 mm. en inox.
Separación entre parrillas	: 40 mm.
Trama parrillas	: 9 mm.
Capacidad	: Según producto
Alimentación	: Trifásica
Potencia	: 18 Kw.
Temperatura de trabajo	: 50 – 120 °C máximo 180°C regulables
Tiempo de deshidratado	: Según producto
Costo operacional	: 3 kw / hora en 80 – 90°C
Costo por kilo de alimentos	: Según producto
Fabricación	: Ingeniería Térmica Aingetherm Ltda.

AINGETHERM

(Aingetherm, 2018).

Figura 133. Ficha técnica de Molino de martillos 650.



Molino de martillos 650



General

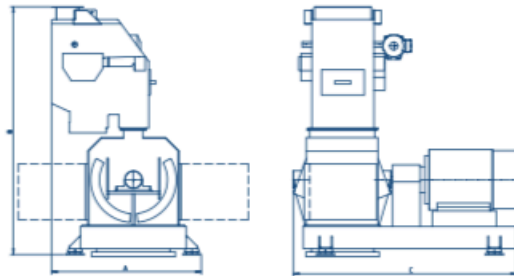
Los molinos de martillos Ottevanger de la serie 650 son capaces de moler granulados hasta 20 mm de diámetro. Dependiendo de la dimensión de la malla, el molino es capaz de reducir las partículas hasta aprox. un tamaño de 200 micrones. Esta máquina es de construcción robusta y totalmente soldada y tiene un número de beneficios que se mencionan a continuación.

Características

- » el plato base esta montado sobre unidades anti-vibración lo cual permite que esas vibraciones no sean transmitidas al edificio
- » compuertas de gran tamaño permiten un fácil y conveniente reemplazo de piezas desgastadas
- » rotor balanceado con precisión equipado con rodamientos especialmente sellados y con protección al polvo
- » la malla del molino cubre cerca de tres cuartos de la superficie de molienda
- » el reemplazo de la malla se hace de manera rápida y fácil sin detener la operación de molienda
- » el tipo 650-375 está disponible en el modo de rotación simple
- » el tipo 650-550 está disponible en el modo de rotación dual
- » alimentador vibrador totalmente embutido con imán permanente y equipado con un rodillo alimentador auto limpiante magnetico y atapador de piedras
- » desempeño de alta eficiencia

Ejecución especial

- » alimentador automático (controlador de frecuencia opcional)
- » componentes certificados ATEX 22



Tipo	Motor (kW)	Superficie de la malla (m²)	Numero de gamuza	Capacidad (t/h) Con malla de 3 mm		Dimensiones (mm)			Peso (kg) incluyendo motor
				Maiz	Cebada	A	B	C	
650-375	30-55	0,5	58	4-7	2-4	1345	1730	2225	750
650-550	55-90	2 x 0,3	86	7-12	3-7	1345	2010	2225	1175

Ottevanger Milling Engineers

Moerkapelle and Aalten - Holland
 Tel.: +31 79 593 22 21
 E-mail: mkip@ottevanger.com

www.ottevanger.com

A Tiltott Company

(Ottevanger, 2020).

Figura 134. Ficha técnica de ensacadora automática para sacos ILERSAC.



BENEFICIOS

LA ENSACADORA AUTOMÁTICA ILERSAC A APORTA...

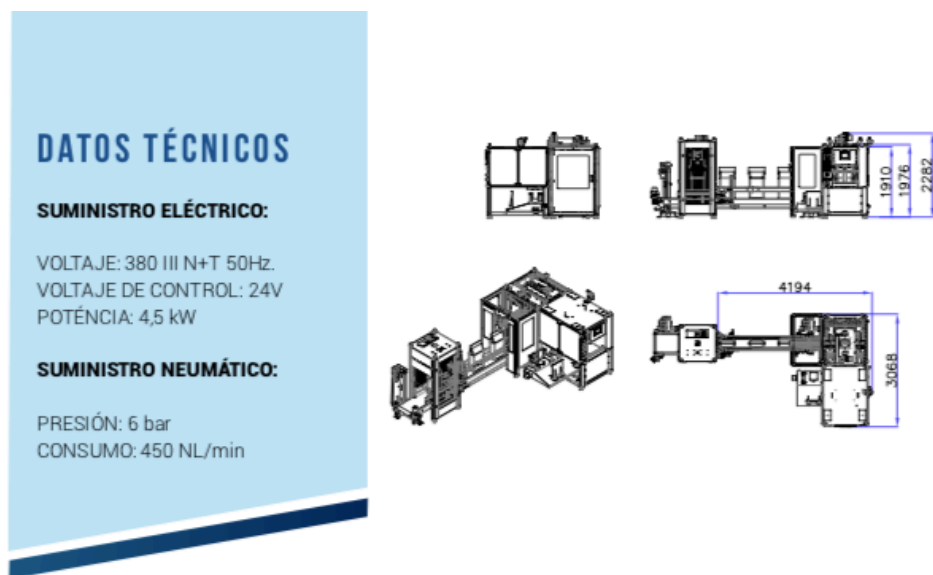
- Automatización total del proceso de ensacado
- Flexibilidad y rapidez en los cambios de formato
- Optimización de la producción en el punto de ensacado
- Versatilidad
- Reducción de los costes de utilización
- Rápido retorno de la inversión
- Manejo sencillo y fácil

APLICACIONES

ILERSAC A es aplicable en todo tipo de industrias:

- Agro-alimentario: semillas, cereales, piensos, pet-foods, premezclas.
- Alimentario: azúcar, sémolas, legumbres, frutos secos, harinas, ingredientes, leche en polvo, cacao en polvo, almidones.
- Químico y petroquímico: granza de plástico, PVC, fertilizantes.
- Construcción y minería: sepiolitas, perlita, morteros, sal, vidrio, frita.
- Reciclaje: pellets de biomasa, neumático triturado, compost.

Figura 135. Ficha técnica de ensacadora automática para sacos ILERSAC, continuación.



CARACTERÍSTICAS

- Producciones de hasta 750 sacos/h en función de las características del producto y formatos a ensacar.
- Apta para sacos planos de papel, plástico o rafia laminada, en un rango de 5 a 50kg.
- Boca de ensacado neumática de apertura interna.
- Almacén doble de sacos vacíos, cambio automático de bandejas.
- Dosificación por gravedad, cinta transportadora, canal vibrante o sinfines en función de las propiedades del producto.
- Configuración en peso neto o peso bruto según velocidad requerida.
- Pantalla de manejo sencilla e intuitiva para el operador.
- Los procesos de pesaje, llenado del saco, evacuación y cierre del saco lleno se llevan a cabo de manera automática dentro de una misma unidad.
- Diseño simple para una ensacadora precisa, robusta y rentable.

OPCIONES

- Kit de manejo de sacos con fuelles laterales – sin recuperación posterior.
- Boca motorizada para aplicaciones multi-formato.
- Compactación del producto mediante vibración inferior, golpeo lateral, densificación por sonda según propiedades del producto y tipo de saco.
- Sistemas de cierre integrados, sellado, cosido.
- Versiones anti-corrosión para productos agresivos.
- Versiones ATEX para trabajo en Zonas Clasificadas.
- Fabricaciones en acero inoxidable.

Los dibujos técnicos y las especificaciones orientativas. Timpal reserva el derecho de realizar modificaciones.

www.timpal.com

(Timpal, 2019).

Figura 136. Exponentes típicos del costo del equipo frente a la capacidad.

Equipment	Size	Unit	Approximate cost, \$000	Size range	Exponent
Agitator, turbine, top entry, open, FOB	10 (7.5)	hp (kW)	7.0	2-30 (1.5-22.4)	0.45
Agitator, turbine, top entry, closed, FOB	10 (7.5)	hp (kW)	10.7	2-200 (1.5-150)	0.56
Blower centrifugal, 4 lbf/m ² (27.6 kN/m ²), DEL, excluding motor	10 (4.72)	10 ³ sf ³ /min (sm ³ /s)	67	0.5-150 (0.24-71)	0.60
Cone crusher, FOB, crusher only	100 (74.6)	hp (kW)	130	30-300 (22.4-224)	0.92
Jaw crusher, FOB, excluding motor	10 (7.5)	hp (kW)	34	1-60 (0.75-44.7)	0.65
Jaw crusher, FOB, excluding motor	100 (74.6)	hp (kW)	284	60-400 (44.7-300)	0.81
Centrifugal pump, C/S, FOB, excluding motor	10 (7.5)	hp (kW)	1.6	0.5-40 (0.37-30)	0.30
Centrifugal pump, C/S, FOB, excluding motor	100 (74.6)	hp (kW)	4.4	40-400 (30-300)	0.67
Conveyor, belt, C/S, FOB, excluding motor	100 (9.3)	ft ² (m ²)	6.7	60-200 (5.6-18.6)	0.50
Conveyor, screw, C/S, DEL, excluding motor	70 (540)	ft x m diameter (m x mm diameter)	10	50-100 (390-780)	0.46
Centrifuge, automatic batch, horizontal, C/S, FOB	20 (1.86)	Filter area, ft ² (m ²)	100	7-80 (0.65-7.43)	0.65
Compressor, reciprocating, <1000 lbf/m ² , FOB, including motor	300 (224)	hp (kW)	133	1-20000 (0.75-1490)	0.84
Crystallizer, forced circulation, C/S, FOB	100 (91)	ton/day (Mg/day)	283	10-1000 (9.1-970)	0.59
Dryer, drum, C/S, FOB, excluding motor	100 (9.3)	ft ² (m ²)	73	10-400 (0.9-37)	0.52
Dryer, vacuum, shelf, C/S, FOB, excluding trays, vacuum equipment	100 (9.3)	ft ² (m ²)	17	15-1000 (1.4-93)	0.56
Dust collector, cloth, shaker type, FOB, including motors	10 ⁶ (4.7)	sf ³ /min (m ³ /s)	17	10 ⁵ -5 x 10 ⁵ (0.47-23.6)	0.79
Dust collector, multicyclones, FOB	10 ⁶ (4.7)	sf ³ /min (m ³ /s)	7	10 ⁵ -1.5 x 10 ⁵ (0.47-70.8)	0.66
Electrostatic precipitator, FOB	10 ⁶ (4.7)	ft ³ /min at 40°C (m ³ /s)	77	10 ⁵ -8 x 10 ⁵ (0.47-73.8)	0.39
Ejector, single-stage, 100 psig, steam, FOB	2 x 10 ⁵ (94)	(m ³ /s)	383	8 x 10 ⁴ -10 ⁶ (37.8-472)	0.81
Ejector two-stage, FOB, including condenser, piping	3 (10 ⁻²)	lb/h (air/mmHg absolute)	2.7	0.2-30 (6.8 x 10 ⁻⁴ -0.1)	0.50
Ejector two-stage, FOB, including condenser, piping	1 (3.4 x 10 ⁻³)	[kg/h/(N/m ²)]	6.3	0.2-10 (6.8 x 10 ⁻⁴ -3.4 x 10 ⁻²)	0.43
Ejector, multistage, FOB, including condenser, piping	10 (3.4 x 10 ⁻²)	[kg/h/(N/m ²)]	16.7	0.2-100 (6.8 x 10 ⁻⁴ -0.34)	0.26
Filter, vertical-pressure leaf, C/S, DEL	100 (9.3)	ft ² (m ²)	17	30-1500 (2.8-140)	0.57
Filter, plate and frame, C/S, DEL	100 (9.3)	ft ² (m ²)	5.7	10-1000 (0.9-93)	0.55
Filter, vacuum rotary drum, C/S, FOB, including motor	100 (9.3)	ft ² (m ²)	63.3	10-1500 (0.9-140)	0.48
Heat exchanger, shell-tube, floating head, C/S, DEL, fixed tube x 0.85; U tube x 0.87; kettle x 1.35	1000 (93)	ft ² (m ²)	21.7	20-20000 (1.9-1860)	0.59
Heat exchanger, thermal screw, C/S, FOB, excluding motor	100 (9.3)	ft ² (m ²)	33	10-400 (0.9-37)	0.78
Kettle, jacketed, glass-lined, FOB	100 (0.38)	U.S. gal (m ³)	53	50-1000 (0.2-3.8)	0.48
Motors, ac induction, wound rotor, TEFC, FOB	10 (7.5)	hp (kW)	12.3	10-25 (7.5-18.6)	0.56
Motors, ac induction, wound rotor, TEFC, FOB	70 (52)	hp (kW)	19.3	25-200 (18.6-149)	0.77
Piping, typical straight run, C/S, FOB, \$/ft	Installed: \$/ft x 6 to 7	Nominal diameter in (mm)	0.0093	1-24 (25-610)	1.33
Complex network, FOB \$/ft x 2	Installed: \$/ft x 13				
Pressure vessel horizontal drum (150 psig), C/S	1000 (3.8)	U.S. gal (m ³)	6.3	100-80000 (0.4-302)	0.62
Jacketed reactors, including mixer, FOB	100 (0.38)	U.S. gal (m ³)	9.3	10-4000 (0.04-15.1)	0.53
Refrigeration, packaged mechanical, INST	100 (351.7)	U.S. tons (kW)	133	10-1000 (35.2-3520)	0.73
Screen, vibrating, single-deck, DEL, including motor	500 (46)	ft ² (m ²)	10	150-700 (14-65)	0.62
Stack, carbon steel		ft (m)	—	20-150 (6.1-45.7)	1.00
Tanks: atm, horizontal cylinder, C/S, FOB	1000 (3.8)	U.S. gal (m ³)	4.7	100-40000 (0.4-151)	0.57
Vertical cylinder, C/S, FOB	1000 (3.8)	U.S. gal (m ³)	3.3	100-20000 (0.4-76)	0.30
Vertical jacketed, C/S, FOB	1000 (3.8)	U.S. gal (m ³)	15	70-1500 (0.26-5.7)	0.57
Vertical agitated, C/S, FOB, including motor	1000 (3.8)	U.S. gal (m ³)	12.3	100-20000 (0.4-76)	0.50
Towers, distillation including internals, INST	4000 (trays)	$\left(\frac{\text{feed, lb/year}}{10^6}\right)^{0.65}$	3300	300-30000	1.00

NOTE: All costs are North American values with M & S = 1000.

(Perry *et al.*, 1997).

Figura 137. Estimación usando factores de la Figura 134.

Details (solids-fluid, grass-roots plant)	Factor assumed	Cost, \$	Percentage of total
Equipment, delivered	1.00	1,000,000	23.4
Installed	0.41	410,000	9.6
Piping	0.34	340,000	8.0
Electrical	0.13	130,000	3.0
Instruments	0.13	130,000	3.0
Battery-limit building and service	0.30	300,000	7.0
Excavation and site preparation	0.15	150,000	3.5
Auxiliaries	0.52	520,000	12.2
Total physical plant	2.98	2,980,000	69.7
Field expense	0.39	390,000	9.1
Engineering	0.39	390,000	9.1
Direct plant costs	3.76	3,760,000	87.9
Contractor's fees, overhead, profit	0.13	130,000	3.0
Contingency	0.39	390,000	9.1
Total fixed-capital investment	4.28	4,280,000	100.0

(Perry *et al.*, 1997).

Figura 138. Factores típicos para convertir el costo del acero al carbono en costos de aleación equivalentes.

Material	Pumps, etc.	Other equipment
All carbon steel	1.00	1.00
Stainless steel, Type 410	1.43	2.00
Stainless steel, Type 304	1.70	2.80
Stainless steel, Type 316	1.80	2.90
Stainless steel, Type 310	2.00	3.33
Rubber-lined steel	1.43	1.25
Bronze	1.54	
Monel	3.33	


Material	Heat exchangers
Carbon steel shell and tubes	1.00
Carbon steel shell, aluminum tubes	1.25
Carbon steel shell, monel tubes	2.08
Carbon steel shell, 304 stainless tubes	1.67
304 stainless steel shell and tubes	2.86

(Perry *et al.*, 1997).

Figura 139. Rangos típicos de instalaciones auxiliares como porcentaje del costo total de la planta instalada.

Grass roots and large additions		
	Range, %	Median, %
Auxiliary buildings	3–9	5.0
Steam generation	2.6–6	3.0
Refrigeration, including distribution	1–3	2.0
Water supply, cooling, and pumping	0.4–3.7	1.8
Finished-product storage	0.7–2.4	1.5
Process-waste systems	0.4–1.8	1.1
Raw-materials storage	0.3–3.2	1.1
Steam distribution	0.2–2	1.0
Electrical distribution	0.4–2.1	1.0
Air compressor and distribution	0.2–3.0	1.0
Water distribution	0.1–2	0.9
Fire protection system	0.3–1.0	0.7
Water treatment	0.2–1.1	0.6
Railroads	0.3–0.9	0.6
Roads and walks	0.2–1.2	0.6
Gas supply and distribution	0.2–0.4	0.3
Sanitary-waste disposal	0.1–0.4	0.3
Communications	0.1–0.3	0.2
Yard and fence lighting	0.1–0.3	0.2

Figura 140. Certificado de calibración de viscosímetro CANNON- Instrument Company-



2139 High Tech Road
 State College, PA 16803
 814-353-8000 • 800-676-6232 • Fax 814-353-8007
 cannon@cannoninstrument.com
 www.cannoninstrument.com

Certificate of Calibration

UBBELOHDE VISCOMETER

Size 1	Serial Number L831	
Constant mm ² /s ² , (cSt/s)	Expanded Uncertainty* (k=2) %	Kinematic Viscosity Range mm ² /s, (cSt)
0.009896	0.156	2 - 10

* In alignment with the Calibration and Measurement Capabilities of National Metrology Institutes, the expressed uncertainty is relative to the viscosity of water, and therefore the uncertainty of the viscosity of water (ISO/TR 3666 (1998), 0.17%) is not taken into account.

CALIBRATION DATA AT 40°C - The viscometer constant is the same at all temperatures.


Viscosity Standard	Kinematic Viscosity mm ² /s, (cSt)	Efflux Time Seconds	Constant mm ² /s ² , (cSt/s)
I2	2.435	246.09	0.009894
I3	3.836	387.56	0.009898
Average =			0.009896

Kinematic viscosities of the standards used in calibrating were established in Master Viscometers as described in Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 16,708(1944), ASTM D 2162, and the Journal of Research of the National Bureau of Standards, Vol. 52, No. 3, March 1954, Research Paper 2479.

Kinematic viscosities are traceable to the viscosity of water, ISO 3666, at 20°C (ITS-90). Temperature measurements are traceable to NIST fixed-point calibration of SPRTs.

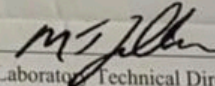
The gravitational constant, g, is 980.1 cm/sec² at the Cannon Instrument Company. The gravitational constant varies up to 0.1% in the United States. To make this small correction in the viscometer constant, multiply the above viscometer constant by the factor [g (at your laboratory) / 980.1].

Calibrated by SRB on 5/30/2012



A2LA Cal Lab Cert #1262.01
The inclusion of the A2LA logo does not imply certification/approval of the products calibrated or tested.

ISO 9001 Registered by
UL #10002540 QM

under supervision of 

D. T. Trowbridge Ph.D Laboratory Technical Director
 J. T. Mastropiero Deputy Laboratory Technical Director
 M. T. Zubler Director of Quality Assurance

(CANNON, 2012).

Figura 141. Seguimiento del índice de costos de equipos de Marshall & Swift.

TECHNICAL ARTICLE

Tracking the Marshall & Swift Equipment Cost Index

Jude T. Sommerfeld, PE

ABSTRACT:

Values of the Marshall & Swift (M&S) all-industry equipment cost indices are tabulated, dating back to their inception in 1913. The data since 1936 were correlated with time. It was found that both an exponential correlation and a bilinear correlation reproduced these data well, with correlation coefficients in excess of 0.98. The bilinear correlation consists of two straight lines, intersecting in the years 1966-1967. This bilinear correlation is favored for the prediction of future values of this index in the next century.

Key Words: Marshall & Swift equipment cost index, historical cost data, future cost predictions

One of the most popular and well-known tools for time-scaling the capital investment costs for engineering projects is the Marshall & Swift (M&S) equipment cost index. Actually, 47 of these M&S industrial indices exist [1]. For example, there are separate indices developed and reported for five industries:

- process;
- electrical power;
- mining and milling;
- refrigeration; and
- steam/power.

Within the process industries, different M&S indices are published for the cement, chemical, glass, paper, and petroleum industries. An M&S all-industry equipment cost index also is compiled, and this composite index is the subject of this article.

The purpose of this article is not simply to present the temporal behavior of the M&S all-industry equipment cost index. Rather, the primary objective was to develop an accurate correlation for this behavior with two benefits in mind:

- the ability to analytically compute historical values of M&S indices for possible use in engineering software, without having to resort to table lookup procedures when in a computer

program or working on a spreadsheet; and

- the prediction of future values of this index over a small future-time horizon, such as for 10 to 12 years.

Values in these various indices are updated regularly (often quarterly) and are reported in various engineering industry journals, such as **Chemical Engineering**, which is published by McGraw-Hill. The first exposure of most engineers to these indices, however, is usually in various classical and current textbooks [1, 5, 7] used in plant design and economics courses. Probably the most common application of these indices is to scale up a capital investment cost for a plant of given size or capacity as reported in an earlier year to an equivalent cost for a similar plant of the same size in the current year. This scale-up exercise is performed by multiplying the reported cost by a ratio of appropriate M&S indices, specifically the index for the new year of interest divided by the index for the original year in which the cost was reported. As pointed out by Peters and Timmerhaus [7], these indices permit fairly accurate estimates if the time difference involved is less than 10 years.

When moving forward in time, this ratio is generally greater than unity to account for inflation over the time period of interest. Indeed, in two of the textbooks cited above [3, 7], tabulations of capital investment costs for dozens of plants pro-

ducing various chemical commodities in given (annual) amounts and in units of the current textbook dollars (e.g., 1987 or 1990) are presented. A careful inspection of these tables, however, discloses that the figures are based primarily upon similar tabulations [4, 5] compiled many years earlier (i.e., in 1967 or 1970), with these earlier figures upscaled to the later years using M&S or similar indices. Included in the latter category would be the **Chemical Engineering** plant cost index, the **Engineering-News Record** construction cost inflation index, and the Nelson-Farrar refinery construction index.

THE ORIGIN AND HISTORY OF THE M&S INDICES

The M&S indices were originally known as the Marshall and Stevens indices, and were first introduced in 1937 by the consulting engineering firm of the same name, located in Chicago, IL. Values for all of these indices were computed based on historical cost figures dating back to 1913, with a base value of 100 arbitrarily chosen for all of the indices in the year 1926. The actual details of these computations are presented in a classic article by one of the firm's partners [8]. It is of interest here to point out that these indices were originally developed and intended for use primarily by actuarial personnel, as a guide to the amount of insurance that should be carried on plant equipment with changing values. It was not contemplated that they would be used by estimators, much less successfully, even for preliminary cost estimating. Periodic summaries of the behavior of these indices over time also have been published [2].

Table 1 summarizes values of the all-industry M&S equipment cost index since 1913, for which year a value of 57.9 is given. In these early years, values for this index were reported only every 2 or 3 years until 1936, after which annual values were reported. One sees from this table the two great inflationary periods occurring immediately after World Wars I and II. Similarly, the reduced values of this index in the Great Depression years of the 1930s are readily apparent.

Figura 142. MOBICON 2000 CUBE.

DESOTEC
ACTIVATED CARBON

Campos de aplicación Soluciones Sobre nosotros Carbonología Empleo Contacto

Q EN NL FR DE IT PL ES

SOLUCIONES

Inicio > Soluciones > Filtros como solución > **Mobicon 2000 CUBE**

MOBICON 2000 CUBE

El **MOBICON** es un filtro móvil de carbón activo, especialmente desarrollado para el tratamiento y purificación de agua y líquidos.
Este filtro está protegido por un derecho de diseño comunitario registrado, referencia 007732722-0012

Flujo hidráulico (m ³ /h)	20
Presión máx. (bar)	5
Volumen útil máx. (m ³)	2
Dimensiones (A x A x L) (m)	2.25 x 1.7 x 1.7 m

[WATCH VIDEO](#)

(Desotec, 2019).

XV. GLOSARIO

1. **Absorbancia, A:** Es el logaritmo de la relación entre la energía inicial de un haz de radiación (P_o) y su energía tras haber pasado por un medio absorbente (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
2. **Absorción:** Es el proceso en el cual una sustancia es incorporada en otra sustancia. Es un proceso en el cual un haz de radiación electromagnética es atenuado al pasar a través de un medio (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
3. **Absorción atómica:** Proceso en el cual los átomos no excitados en un horno, flama o plasma absorben radiación característica de una fuente de radiación y atenúan la potencia o energía radiante de la misma (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
4. **Adsorción:** Proceso mediante el cual una sustancia se une físicamente a la superficie de los sólidos. (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
5. **Bioacumulación:** Es la acumulación neta de metales u otras sustancias persistentes) en un organismo a partir de fuentes tanto bióticas (otros organismos) como abióticas (suelo, aire y agua) (GreenFacts, 2020).
6. **Biomasa:** Cantidad o masa de materia orgánica procedente de organismos vivos que se puede encontrar en un lugar y un momento determinados (GreenFacts, 2020).
7. **Bureta:** Tubo graduado que se utiliza para dispensar volúmenes conocidos de manera exacta (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
8. **Coliformes:** Constituyen un conjunto de especies bacterianas que comparten determinadas características. Estos organismos se consideran como indicadores de la contaminación de la comida y del agua (Porto, 2020).
9. **Corrientes fluviales:** Son flujos superficiales lineales que recogen y evacuan el agua que les llega de sus vertientes. Son ríos (Arroyo, 2018).
10. **Deforestación:** Es la pérdida de bosques y selvas debido al impacto de actividades humanas o causas naturales (Soto, 2020).
11. **Densidad:** Proporción de la masa de un objeto por unidad de volumen; normalmente se mide en unidades de g/cm^3 para líquidos y g/L para gases (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
12. **Desviación:** Diferencia entre una media individual y la media (o mediana) de un conjunto de datos (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
13. **Efluente:** Agua o aguas residuales que fluyen fuera de un embalse o de una planta de tratamiento (Aguamarket, 2019).

14. **Espectrofotómetro:** Espectrómetro diseñado para la medición de la absorción de radiaciones ultravioleta, visible o infrarroja. El instrumento incluye una fuente de radiación, monocromador y mecanismo eléctrico para medir la proporción de las intensidades de la muestra y haz de referencia (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
15. **Espectrómetro:** Instrumento equipado con un monocromador o policromador, con un fotodetector y con un sistema electrónico de lectura que despliega un número proporcional a la intensidad de una banda espectral aislada (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
16. **Espectrómetro de transformada de Fourier:** Espectrómetro en el cual se utiliza un interferómetro y transformadas de Fourier para obtener un espectro (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
17. **Espectroscopia de absorción atómica (EAS):** Método analítico basado sobre la absorción de radiación electromagnética (REM) en un contenedor que almacena los átomos del analito (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
18. **Estación hidrométrica:** Son reglas graduadas colocadas escalonadamente en un río, arroyo, laguna o embalse que miden la cantidad de agua disponible en estos cuerpos de agua originados por las lluvias y los escurrimientos (Gobierno de México, 2016).
19. **Estequiometría:** Combinación de proporciones entre cantidades molares de especies químicas en una reacción química (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
20. **Fotocatalisis:** Hace referencia a la excitación de un sólido (fotocatalizador), normalmente un semiconductor de banda ancha como el TiO_2 , mediante la irradiación con luz de una energía igual o mayor a su band-gap, generando la transición de un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción y formando pares electrón-hueco (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
21. **Gases de efecto invernadero:** Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. El vapor de agua, dióxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y ozono (O_3) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre (GreenFacts, 2020).
22. **Granulometría:** Es la distribución por tamaños de las partículas de un árido. Para conocer la distribución de tamaños de las partículas que componen una muestra de árido es necesario separarla mediante cedazos o tamices (García, 2009).
23. **Incertidumbre de muestreo, s_p :** Desviación estándar asociada al proceso de obtención de muestras que ayuda a determinar la desviación estándar de un análisis (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

24. **Interferograma:** Figura geométrica que cuantifica la variación de posiciones de puntos dispuestos en una rejilla como consecuencia de su deformación mediante el uso de la interferencia de las ondas de luz (Real Academia de Ingeniería, 2018).
25. **Interferómetro:** Dispositivo no dispersivo que obtiene información espectral a través de interferencias constructiva y destructiva; se utiliza en los instrumentos infrarrojos de transformada de Fourier (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
26. **Límite máximo permisible (LMP):** Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual, el agua no es adecuada para consumo humano (Norma COGUANOR NGO 29 001, 1985).
27. **Lixiviación:** También llamada extracción sólido-líquido, es un proceso en el que se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Estas dos fases entran en contacto y el soluto (os) pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que da lugar a una separación de los componentes originales del sólido (Geominero, 1999).
28. **Metaloides:** Son elementos que presentan propiedades tanto de los no metales como de los metales. Los metaloides se comportan como no metales, química y físicamente; sin embargo, en su propiedad física más importante, la conductividad eléctrica, se parecen a los metales. Estos son: Boro (B), silicio (Si), Germanio (Ge), Arsénico (As), antimonio (Sb), telurio (Te) y polonio (Po) (Volk, 2010).
29. **Pectina:** Es el principal componente enlazante de la pared celular de los vegetales y frutas (Food-Info, 2017).
30. **pH:** Logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno de una disolución (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
31. **Pipeta:** Dispositivo tubular de vidrio o plástico para transferir volúmenes definidos de una disolución de un contenedor hacia otro (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
32. **Porosidad:** Es la relación del volumen de huecos con su volumen (Pimienta, 1980).
33. **Selectividad:** Tendencia de un reactivo o de un método instrumental para reaccionar o responder de manera similar ante solo algunas especies químicas (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
34. **Tara:** Contrapeso utilizado en una balanza analítica para compensar por la masa de un contenedor; acción de llevar a cero la balanza (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).
35. **Vía antrópica:** Producido o modificado por la actividad humana (RAE, 2014).