

# UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA MARÍA

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



**RELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE PARÁMETROS DE LAS  
DESCARGAS DE EFLUENTES EN LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE  
LA U.C.S.M. Y LOS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA),  
AREQUIPA 2015**

Tesis presentada por

**MAGISTER ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

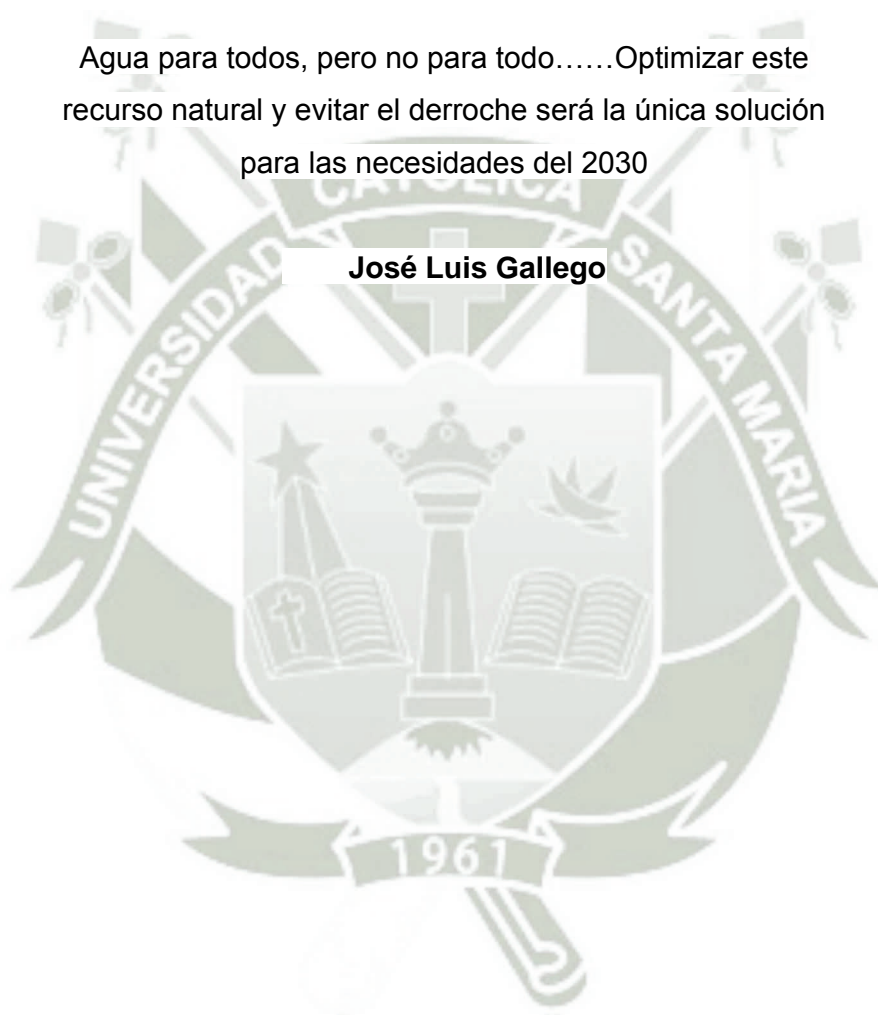
**AREQUIPA - PERÚ**

**2015**

## EPÍGRAFE

Agua para todos, pero no para todo.....Optimizar este  
recurso natural y evitar el derroche será la única solución  
para las necesidades del 2030

**José Luis Gallego**



**José Luis Gallego**, Nacido en Barcelona, en 1964, es naturalista, periodista ambiental y escritor, colaborador habitual en prensa escrita, radio y televisión en temas de naturaleza y medio ambiente

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus bendiciones y darme la fortaleza necesaria, a la Universidad Católica de Santa María por la oportunidad a mis maestros que aportaron en mi crecimiento académico

Agradecimiento especial a mi esposa y mis hijas, especialmente a mi hija Dra. Pamela Valencia que me apoyó profesionalmente en el desarrollo de la presente tesis.

**EL AUTOR**

## DEDICATORIA

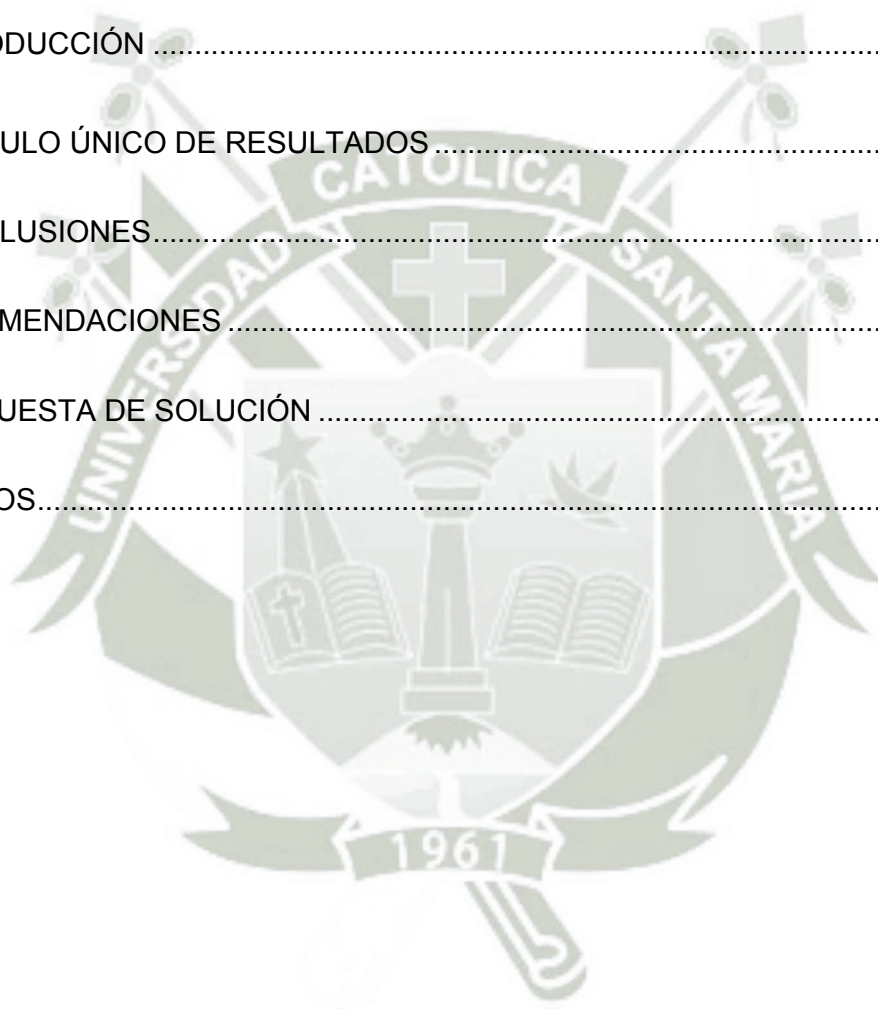
Dedico este trabajo al Reverendo Padre **William Morris Cristy** fundador de esta casa superior de estudios Marianista **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA DE AREQUIPA** como reconocimiento y agradecimiento de su obra.

A mis padres Raúl y Adela.

EL AUTOR

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xix
INTRODUCCIÓN .....	xxi
CAPITULO ÚNICO DE RESULTADOS.....	1
CONCLUSIONES.....	28
RECOMENDACIONES .....	31
PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....	33
ANEXOS.....	50



## ÍNDICE TABLAS

TABLA 01: VALORES MÁXIMO ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	2
TABLA 02: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO).....	3
TABLA 03: VALORES AGUA RESIDUAL “MUESTRA 01” VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	6
TABLA 04: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 01 VS. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR, PANAMÁ .....	7
TABLA 05: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 02 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR, PANAMÁ .....	10
TABLA 06: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 02 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	11
TABLA 07: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 04 VS. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR Y PANAMÁ.....	14

TABLA 08: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 04 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	15
TABLA 09: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLE AGUA RESIDUAL (LODO RESIDUAL), "MUESTRA TRES" VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	17
TABLA 10: VALORES LODO RESIDUAL VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	18
TABLA 11: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 05 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES PROSTODONCIA REGITRO 00 SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	21
TABLA 12: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 05 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	22
TABLA 13: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 06 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ.....	24
TABLA 14: VALORES AGUA RESIDUAL, MUESTRA 06 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	25

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 01: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) .....	3
GRAFICO 02: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 01 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	7
GRAFICO 03: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 01 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	8
GRAFICO 04: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 02 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	11
GRAFICO 05: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 02 VS. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ.....	12
GRAFICO 06: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 04 VS. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ .....	15
GRAFICO 07: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 04 VS. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ.....	16

GRAFICO 08:	VALORES LODO RESIDUAL MUESTRA TRES VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR Y PANAMÁ .....	18
GRAFICO 09:	VALORES LODO RESIDUAL VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR Y PANAMÁ .....	19
GRAFICO 10:	VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 05 VS. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES) SEDAPAR, SAN SALVADOR Y PANAMÁ .....	22
GRAFICO 11:	VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 05 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DBO Y DQO) SEDAPAR, SAN SALVADOR, PANAMÁ.....	23
GRAFICO 12:	VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 06 VS. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR, Y PANAMÁ .....	25
GRAFICO 13	VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 06 VS. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR Y PANAMÁ .....	26

## ÍNDICE DE FOTOS

FOTO N° 1:	Apertura de registros .....	41
FOTO N° 2:	Inicio de proceso por parte de personal de infraestructura....	41
FOTO N° 3:	Muestra del agua residual contaminado con otros solidos ....	42
FOTO N° 4:	Muestra los registros existentes del pabellón O .....	42
FOTO N° 5:	Vista de los desarenadores pequeños .....	43
FOTO N° 6:	Ubicación de los desarenadores .....	43
FOTO N° 7:	Apertura del desarenadores más importante y registro .....	44
FOTO N° 8:	Preparación de muestra .....	44
FOTO N° 9:	Apertura de colector principal.....	45
FOTO N° 10:	Se observa agua residual.....	45
FOTO N° 12:	Se muestra el nivel de contaminación donde se observa residuos de todo tipo .....	46
FOTO N° 13:	Desarenador Pequeño .....	47
FOTO N° 14:	Lodo con fluido residual.....	47
FOTO N° 15:	Toma de evidencias por personal de laboratorio de calidad .	48
FOTO N° 16:	Registro y desarenador .....	48
FOTO N° 17:	Toma de evidencias en las muestras.....	49
FOTO N° 18:	Toma de muestra con evidencia .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO N° 1: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
- ANEXO N° 2: INFORME DE ENSAYO N° 1, AGUA RESIDUAL  
MUESTRA N° 1
- ANEXO N° 3: INFORME DE ENSAYO N° 2, AGUA RESIDUAL MUESTRA  
N° 2
- ANEXO N° 4: INFORME DE ENSAYO N° 3, AGUA RESIDUAL MUESTRA  
N° 3
- ANEXO N° 5: INFORME DE ENSAYO N° 4, AGUA RESIDUAL MUESTRA  
N° 4
- ANEXO N° 6: INFORME DE ENSAYO N° 5, AGUA RESIDUAL MUESTRA  
N° 5
- ANEXO N° 7: INFORME DE ENSAYO N° 6, AGUA RESIDUAL MUESTRA  
N° 6
- ANEXO N° 8: ARQUITECTURA PRIMERA PLANTA PABELLÓN “O”  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA S-1 A-01 DE LA UCSM –  
DISEÑADO POR CONSTRUCTORA VALENCIA SRL.
- ANEXO N° 9: ARQUITECTURA SEGUNDA PLANTA PABELLÓN “O”  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA S-1 A-02 DE LA UCSM –  
DISEÑADO POR CONSTRUCTORA VALENCIA SRL.
- ANEXO N° 10: ARQUITECTURA TERCERA PLANTA PABELLÓN “O”  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA S-1 A-03 DE LA UCSM –  
DISEÑADO POR CONSTRUCTORA VALENCIA SRL.

ANEXO N° 11: INSTALACIONES SANITARIAS AGUA FRÍA PABELLÓN “O”  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA PRIMERA PLANTA P-O IS-01  
DE LA UCSM –DISEÑADO POR CONSTRUCTORA  
VALENCIA SRL.

ANEXO N° 12: INSTALACIONES SANITARIAS AGUA FRÍA PABELLÓN “O”  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA SEGUNDA PLANTA P-O IS-02  
DE LA UCSM –DISEÑADO POR CONSTRUCTORA  
VALENCIA SRL.

ANEXO N° 13: INSTALACIONES SANITARIAS AGUA FRÍA PABELLÓN “O”  
Y CLÍNICA ODONTOLÓGICA TERCERA P-O IS-03 DE LA  
UCSM –DISEÑADO POR CONSTRUCTORA VALENCIA  
SRL.

ANEXO N° 14: INSTALACIONES SANITARIAS DESAGÜE PABELLÓN “O” Y  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA PRIMERA PLANTA P-O IS-04 -  
DE LA UCSM –DISEÑADO POR CONSTRUCTORA  
VALENCIA SRL.

ANEXO N° 15: INSTALACIONES SANITARIAS DESAGÜE PABELLÓN “O” Y  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA SEGUNDA PLANTA P-O IS-05 -  
DE LA UCSM –DISEÑADO POR CONSTRUCTORA  
VALENCIA SRL.

ANEXO N° 16: INSTALACIONES SANITARIAS DESAGÜE PABELLÓN “O” Y  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA TERCERA Y CUARTA PLANTA  
P-O IS-06 - DE LA UCSM –DISEÑADO POR  
CONSTRUCTORA VALENCIA SRL.

ANEXO N° 17: INSTALACIONES SANITARIAS DESAGÜE PABELLÓN “O” Y  
CLÍNICA ODONTOLÓGICA TERCERA Y CUARTA PLANTA  
P-O IS-06 - DE LA UCSM –DISEÑADO POR  
CONSTRUCTORA VALENCIA SRL.

ANEXO N° 18: PROPUESTA DE SEDIMENTADOR DE PLACAS  
INCLINADAS MODELO SPI-5/6.

ANEXO N° 19: PLANO A-01. PROPUESTA DE SEDIMENTADOR DE  
CONCRETO ARMADO

ANEXO N° 20: ESQUEMA 01 DISTRIBUCIÓN DE DESARENADORES

ANEXO N° 21: APRUEBAN VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) DE  
LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO  
DOMÉSTICOS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO. DS N° 021-2009-VIVIENDA.

ANEXO N° 22: NORMA TÉCNICA DE BIOSEGURIDAD, MINISTERIO DE  
SALUD

ANEXO N° 23: GUÍAS PARA LA CALIDAD DE AGUA POTABLE, PRIMER  
APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN VOLUMEN I,  
RECOMENDACIONES, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA  
SALUD

ANEXO N° 24: MATERIALES ODONTOLÓGICOS EN LA CLÍNICA  
ODONTOLÓGICA PABELLÓN “O”

ANEXO N° 25: PLANOS DE PROPUESTA POZO DE SEDIMENTACIÓN Y  
EQUIPOS DE SACAGRASAS

ANEXO N° 26: 10 DESARENADORES ANTES DEL COLECTOR PRINCIPAL

ANEXO N° 27: APRUEBAN VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) DE  
LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO  
DOMÉSTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO.

ANEXO N° 28: INFORME DE ENSAYO N° ANA15J15.001927A  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD  
UCSM

ANEXO N° 29: INFORME DE ENSAYO N° ANA15J15.001927B  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD  
UCSM

ANEXO N° 30: INFORME DE ENSAYO N° ANA15J15.001927C  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD  
UCSM

ANEXO N° 31: INFORME DE ENSAYO N° ANA15J15.001927D  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD  
UCSM

ANEXO N° 32: INFORME DE ENSAYO N° ANA15J15.001927E  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD  
UCSM

ANEXO N° 33: INFORME DE ENSAYO N° ANA15J15.001927F  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD  
UCSM

## RESUMEN

El presente estudio cuenta con un **CAPÍTULO ÚNICO CON SUS RESULTADOS TABLAS Y GRÁFICOS** pretende hacer un análisis de las descargas de los efluentes de la Clínica Odontológica, Universidad Católica de Santa María, para cumplir con la normatividad vigente Decreto Supremo N° 021-2009-vivienda y sus modificatorias perteneciente al Ministerio de vivienda Construcción y Saneamiento. La empresa Sedapar ha normado Valores Máximos Admisibles para disminuir la contaminación del agua,

El estudio se realizó en las instalaciones de la Clínica Odontológica de la Universidad Católica de Santa María, tomándose seis muestras de aguas residuales, haciendo el Análisis Físico-Químico de dichas muestras en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María, Laboratorio acreditado a nivel Nacional, existen aproximadamente cinco que realizan este tipo de pruebas.

Los resultados de dichas muestras revelaron que las concentraciones de micro elementos después del pequeño desarenador antes de acometer al desagüe presenten valores aceptables están dentro de los Valores Máximos Admisibles de Sedapar, exceptuando el Níquel, Zinc, Plomo y Mercurio que altas en 01 muestra, vale decir que el DQO estuvieron en los estándares permisibles normados dicha institución; pero al comparar los valores con estándares internacionales éstas estuvieron altas. Con respecto a todos los ensayos realizados en el laboratorio existen elementos químicos no considerados en los parámetros de Sedapar.

En el Análisis Químico del lodo residual, todos los valores estuvieron exponencialmente altos tanto para los valores de SEDAPAR, La normatividad Salvadoreña, Panameña y Mexicana. En el Análisis Físico se encontraron material biológico contaminado (agujas) y por las evidencias se puede notar que se da el fenómeno de arrastre lo que ocasionaría una alta contaminación en los efluentes vertidos al colector principal de SEDAPAR.

Como propuesta principalmente se ha considerado, mitigar el impacto del efluente y cumplir con los Valores Máximos Admisibles ya que no se requiere potabilizar el agua o reutilizarla por lo costoso que significaría su planta de tratamiento con filtros, biofiltros, carbón activado, membranas osmosis inversa, coagulante desmineralizadores, ablandadores, tratamiento biológico del agua la construcción un pozo sedimentador y sacagrasa de dimensiones suficientes que colecten todo el efluente de la clínica con su respectivo mantenimiento y monitoreo, conforme a las necesidades ambientales, teniendo presente que los materiales utilizados en la clínica son muy diversos y complejos, manejo de muchos fluidos no es solo el agua, existe alto riesgos de bacterias, microbios y enfermedades, altamente contagiosa como la hepatitis B, VIH SIDA, así como el uso de materiales peligrosos y radioactivos; unido a esta temática, los Protocolos Operativos Acreditados y con Bioseguridad, Manejo de Residuos Sólidos, Seguridad y Salud en el Trabajo, Aplicación de Parámetros Medio Ambientales.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:** En el presente estudio se encontró que los valores Máximos admisibles del arrastre del efluente sobrepasan polinómicamente los valores máximos admisibles según las normas legales

vigentes. En los valores máximos admisibles se nota que no se han considerado muchos parámetros que dañan el medio ambiente y colateralmente a las personas animales y vegetales. Se recomienda mitigar las descargas del efluente para cumplir con el DS-021-2009, optimizar los procesos de ingreso del sistema aplicando bioseguridad, cumplimiento de Seguridad y Salud en el Trabajo y disposiciones de Defensa civil

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN:** Aplicar un PTAR-2 básico en el rediseño, sin rehusó de la descarga del efluente con monitoreo y mantenimiento permanente para cumplir con el DS-O21-2009, mitigar los efectos colaterales en microbios y bacterias.

**ANEXO N° 1: PROYECTO DE TESIS,** se plantea metodología del estudio de investigación, Preámbulo, Planteamiento Teórico, Análisis de Variables, Interrogante, Objetivos, tipos de investigación, Hipótesis, Marco Conceptual, Planteamiento Operacional, Bibliografía. Se ha considerado veinte y seis Anexos que dan soporte al presente trabajo de investigación.

**Palabras claves:** valores máximos admisibles, efluentes, mitigar, descarga, clínica odontológica de la UCSM.

## ABSTRACT

This study has a unique FRAME WITH RESULTS TABLES AND CHARTS aims to analyze the discharge of effluents from the Dental Clinic, Catholic University of Santa Maria, to comply with current regulations Supreme Decree No. 021-2009-housing as amended under the Ministry of housing, Construction and Sanitation. The company has regulated Sedapar Maximum Allowable Values to reduce water pollution,

The study was conducted at the premises of the Dental Clinic of the Catholic University of Santa María, taking six samples of waste water by physico-chemical analysis of the samples in the testing laboratory and quality control of the Catholic University of Santa Mary, nationally accredited laboratory, there are approximately five to perform such tests.

The results of these samples revealed that the concentrations of trace elements after the little sand trap before undertaking the drain submission of acceptable values are within the maximum permissible values Sedapar except Nickel, Zinc, Lead and Mercury high in 01 shows, it say that the COD were permissible standards regulated in the institution; but when comparing the values with international standards are were high. With respect to all tests performed in the laboratory chemicals are not considered in Sedapar parameters.

In the chemical analysis of sludge, all values were exponentially higher values for both SEDAPAR, the Salvadoran standards, Panamanian and Mexican. In the Physical Analysis contaminated biological material found (needles) and the

evidence may be noted that the phenomenon of entrainment which would cause heavy contamination of the effluent discharged to the main collector SEDAPAR occurs.

As proposed mainly been considered, mitigate the impact of the effluent and comply with the maximum permissible values as it does not require potable water or reuse so expensive it would mean the treatment plant filters, biofilters, activated carbon, membranes, reverse osmosis, coagulant demineralizers, softeners, biological water treatment building a settler well and sacagrasa from collecting large enough that the entire effluent from the clinic with its own maintenance and monitoring in accordance with environmental needs, bearing in mind that the materials used in the clinic are diverse and complex management of many fluids is not only water, high risk of bacteria, microbes and diseases exist, highly infectious as hepatitis B, HIV AIDS and the use of hazardous and radioactive materials; attached to this subject, the Protocols Operating Accredited and Biosafety, Solid Waste Management, Safety and Health at Work, Environmental Enforcement Middle parameters.

**CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS:** In the present study we found that the maximum permissible effluent crawl polynomially exceed maximum permissible under the legal provisions in force. In the maximum permissible values note that have not been considered many parameters that damage the environment and collaterally animal and plant people. It is recommended to mitigate effluent discharges to meet the DS-021-2009, streamline admissions

processes of applying biosecurity compliance with Health and Safety at Work system and civil defense arrangements

**PROPOSED SOLUTION:** Apply WWTP-2 Basic redesigning without refused to discharge of effluent monitoring and ongoing maintenance to meet the DS-O21-2009 mitigate the side effects in microbes and bacteria.

**ANNEX No. 1:** THESIS, methodology of the research study, Preamble, Approach Theoretical Analysis of Variables, Interrogation, objectives, types of research, hypothesis, Conceptual Framework, Operational Approach, Literature arises. It was considered twenty-six Annexes that support this research.

**Keywords:** maximum permissible.



## INTRODUCCIÓN

La Universidad Católica de Santa María de Arequipa preocupada de acreditar estándares de calidad no solo académicos, sino también en aspectos ambientales, responsabilidad social e imagen institucional, con un manejo responsable de nuestros efluentes y las buenas prácticas en el manejo de fluidos productos químicos materiales peligrosos, residuos que puedan contaminar seriamente los efluentes de los colectores Municipales y sanitarios de la población Santa Mariana.

Se debe recordar que conforme a ley se viene implementando protocolos ambientales por parte de instituciones gubernamentales a nivel Nacional y Gobiernos Municipales, es conveniente mencionar que las municipalidades dentro de las prerrogativas que tienen está, la de controlar las descargas de los efluentes, los mismos que deberán ser analizados y acreditados por laboratorios reconocidos y acreditados según ley, conforme al DS-021-2009, Valores Máximos Admisibles.

Adicionalmente con este tema es importante recordar que la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. cumple un rol esencial en las labores Académicas, Extensión Universitaria, Promoción de la Salud Pública, sirviendo, con servicio de calidad a la Sociedad Arequipeña. Siendo indispensable un control eficiente de los protocolos operativos con procedimientos seguros para la población intervinientes y agentes colaterales desde el punto de vista ambiental en las descargas de los efluentes y evitar impactos ambientales negativos en el

ambiente, la salud y a todos los intervinientes en la cadena ambiental y sus impactos.

Hay que indicar que los efluentes seleccionados para el presente trabajo será un segmento de todo un gran sistema y lo que se pretende es poner las bases y protocolos conforme a criterios Ambientales y Bioseguridad, a seguir para el manejo adecuado de los efluentes y se cumpla, con los valores máximos admisibles, según normatividad y sus efectos colaterales. Aplicar tecnologías y procedimientos adecuados que garanticen su funcionamiento.

Es importante caracterizar la descarga del efluente y realizar monitoreo permanente para acreditar conforme lo dispone el DS-021-2009. Se ha tomado muestras para caracterizar y conforme a sus resultados y las tablas de contraste de la disposición, se pueda determinar propuesta de solución y sus respectivas recomendaciones en varios aspectos: Académicos, Diseño, Procedimentales, Medioambientales y de Salubridad.



**CAPITULO ÚNICO**  
**RESULTADOS TABLAS Y**  
**GRÁFICOS**

**TABLA 01: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADMISIBLES (SEDAPAR)	V.M.A (SAN SALVADOR)	V.M.A (PANAMÁ)
Aluminio	10.00 mg/L	5.00 mg/L	5.00 mg/L
Antimonio			
Arsénico	0.50 mg/L	0.10 mg/L	0.50 mg/L
Bario			
Berilio			
Bismuto			
Boro	4.00 mg/L		0.75 mg/L
Calcio			
Cadmio	0.20 mg/L	0.10 mg/L	0.01 mg/L
Cianuro	1.00 mg/L	0.50 mg/L	0.20 mg/L
Cobalto			
Cobre	3.00 mg/L	1.00 mg/L	1.00 mg/L
Cromo Hexavalente	0.50 mg/L	0.10 mg/L	0.05 mg/L
Cromo Total	10.00 mg/L	1.00 mg/L	5.00 mg/L
Estaño			
Estroncio			
Fosforo			
Hierro			
Litio			
Manganeso	4.00 mg/L	2.00 mg/L	0.50 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L	0.01 mg/L	
Molibdeno			
Níquel	4.00 mg/L	0.20 mg/L	0.20 mg/L
Potasio			
Plomo	0.50 mg/L	0.40 mg/L	0.050 mg/L
Plata			
Selenio			
Silicio			
Sodio			
Sulfatos	500.00 mg/L	1000.00 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfuros	5.00 mg/L		
Titanio			
Vanadio			
Zinc	10.00 mg/L	5.00 mg/L	3.00 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	80.00 mg/L	50.00 mg/L	

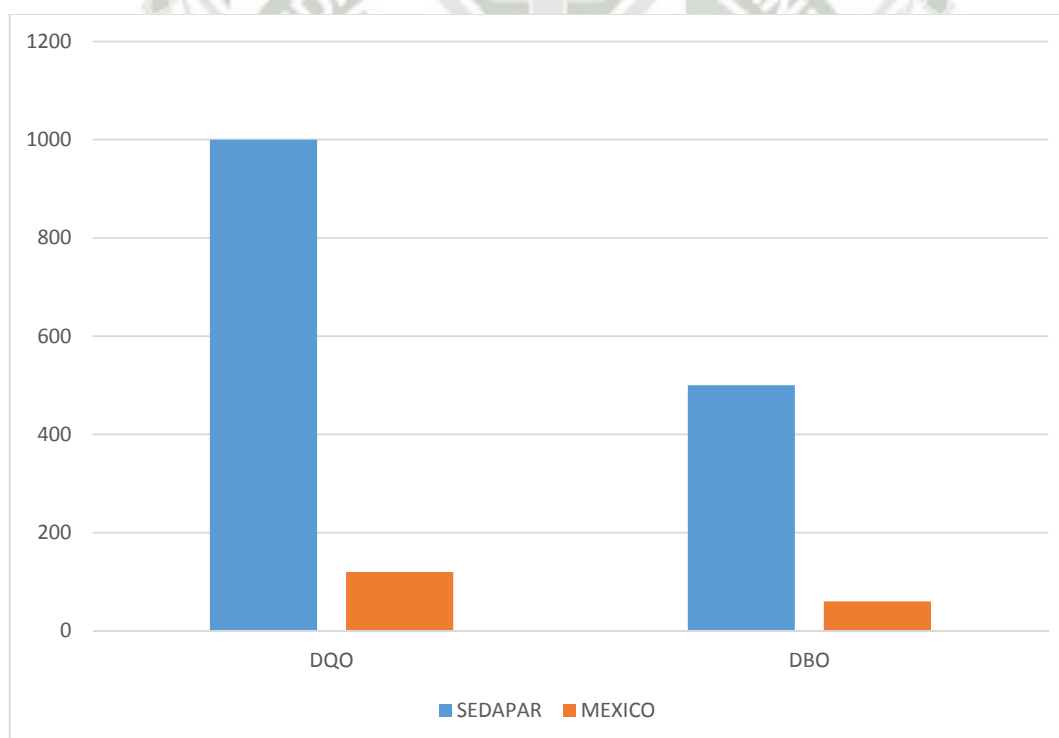
FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (Panamá). SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1993,

**TABLA 02: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO)**

PARÁMETRO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (SEDAPAR)	VAL. MAX. ADM. MÉXICO (AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS)
DQO	1000	80 - 120
DBO	500	40 - 60

FUENTE: <http://www.redalyc.org/pdf/959/95925106011.pdf>, SEDAPAL NOM-CCA-O29-ECOL/1993,

**GRAFICO 01: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**COMENTARIO:**

En la tabla 01 vemos los Valores Máximos admisibles de SEDAPAR son superiores en todos los valores de los parámetros con respecto a países como El Salvador y Panamá, teniendo en cuenta que los países referidos y el nuestro tienen similares problemas ambientales que condicionan políticas ambientales parecidas, en términos de saneamiento ambiental y nivel de pobreza, acceso de servicios de sanitarios. Se puede observar que el manejo de efluentes y aguas hervidas son también parecidas debido al desorden y falta de planificación del crecimiento poblacional según entidades supra gubernamentales como la OMS, ONU. Con respecto a esto la ONU acordaron los objetivos del milenio en el año 2000, en donde el OBJETIVO 7: GARANTIZAR LA SUSTENTABILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE, hace referencia a lo anterior mente expuesto, y concretamente los parámetros usados por SEDAPAR contradicen a dichos objetivos, convirtiéndose en un tema de controversia en cuanto al manejo del agua residual institucional.

En la TABLA 02 tenemos los Valores Máximos Admisibles de la empresa Sedapar de Perú, estos valores comparados a los de México para aguas residuales Hospitalarias tanto para el DBO como para el DQO, observamos que para el caso de México sus valores del DBO y DQO son exponencialmente menores lo que permitirá que los valores máximos admisibles para el caso de México es exponencialmente pequeño lo que permite indicar que nuestro efluente está más contaminado.

El DBO parámetro más utilizado para medir la calidad de aguas residuales la que determina la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la

materia orgánica del agua a 20 °C después de cinco días El DQO este parámetro es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales tóxicas a la vida biológica, se espera que el DBO y el DQO sean iguales. Las aguas residuales domésticas crudas tienen un DQO de 250 a 1000 mg/L el DQO/DBO 1, 2 Y 2, 5. En la tabla 02 y el gráfico 01 se observan los Valores Máximos Admisibles en el caso de SEDAPAR es muy superior, a los Valores Máximos Admisibles de aguas residuales hospitalarias en México normado por la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCA-O29-ECOL/1993, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES, Si tomamos en cuenta que la Clínica Odontológica de la UCSM es una instalación sanitaria tipo hospitalaria debería estar con los parámetros sanitarios deseables, teniendo en cuenta sus niveles de contaminación tanto biológica como química, ya que en sus instalaciones se practican procedimientos de alto riesgo biológico como pudo describir Caridad Ramos Alvarino en el artículo, **aguas residuales generadas por hospitales en el año 2003.**

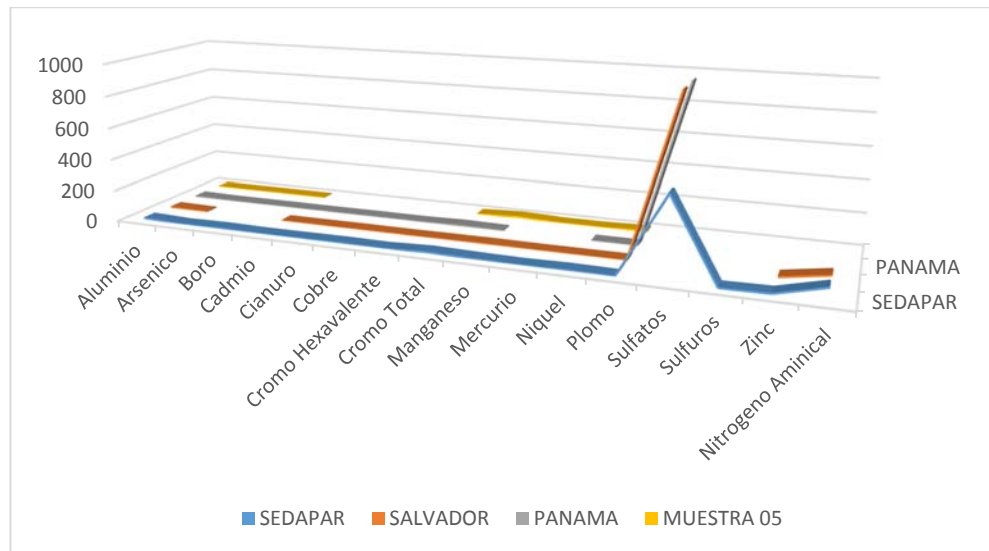
En la tabla 02 y el gráfico 01, se muestran los valores máximos admisibles reglamentado por SEDAPAR, y los valores máximos admisibles de DQO Y DBO, normados para el agua residual sanitaria en México en donde se muestran que en los valores de todos los parámetros son mayores que los que maneja México. Vale decir que existen muchos metales pesados que no son considerados en esta tabla como Estaño, estroncio, fósforo, hierro, litio, plata selenio silicio, sodio potasio, titanio y vanadio. Que pueden ocasionar efectos adversos múltiples sobre la salud humana.

**TABLA 03: VALORES AGUA RESIDUAL “MUESTRA 01” VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADMISIBLES (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 01	V.M.A (SAN SALVADOR)	V.M.A (PANAMÁ)
Aluminio	10.00 mg/L	0.543 mg/L	5.00 mg/L	5.00 mg/L
Antimonio		0.004 mg/dl		
Arsénico	0.50 mg/L	NO DETECTABLE	0.10 mg/L	0.50 mg/L
Bario		0.037 mg/dl		
Berilio		NO DETECTABLE		
Bismuto		0.006 mg/dl		
Boro	4.00 mg/L	0.228 mg/l		0.75 mg/L
Calcio		58.96 mg/dl		
Cadmio	0.20 mg/L	NO DETECTABLE	0.10 mg/L	0.01 mg/L
Cianuro	1.00 mg/L	NO SE REALIZO	0.50 mg/L	0.20 mg/L
Cobalto		0.007 mg/dl		
Cobre	3.00 mg/L	0.071 mg/dl	1.00 mg/L	1.00 mg/L
Cromo Hexavalente	0.50 mg/L		0.10 mg/L	0.05 mg/L
Cromo Total	10.00 mg/L	0.068 mg/dl	1.00 mg/L	5.00 mg/L
Estaño		NO DETECTABLE		
Estroncio		0.27 mg/dl		
Fosforo		3.682 mg/dl		
Hierro				
Litio		0.024 mg/dl		
Manganeso	4.00 mg/L	NO SE DETECTA	2.00 mg/L	0.50 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L	NO SE DETECTA	0.01 mg/L	
Molibdemo				
Níquel	4.00 mg/L	0.018 mg/dl	0.20 mg/L	0.20 mg/L
Potasio		1004 mg/dl		
Plomo	0.50 mg/L	0.071 mg/dl	0.40 mg/L	0.050 mg/L
Plata		0.046 mg/dl		
Selenio		0.263 mg/dl		
Silicio		0.234 mg/dl		
Sodio		46.98 mg/dl		
Sulfatos	500.00 mg/L		1000.00 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfuros	5.00 mg/L			
Titanio		0.005 mg/dl		
Vanadio		NO DETECTABLE		
Zinc	10.00 mg/L	6.013 mg/dl	5.00 mg/L	3.00 mg/L
Nitrógeno Aminical	80.00 mg/L		50.00 mg/L	

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (Panamá).SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1993,

**GRAFICO 02: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 01 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



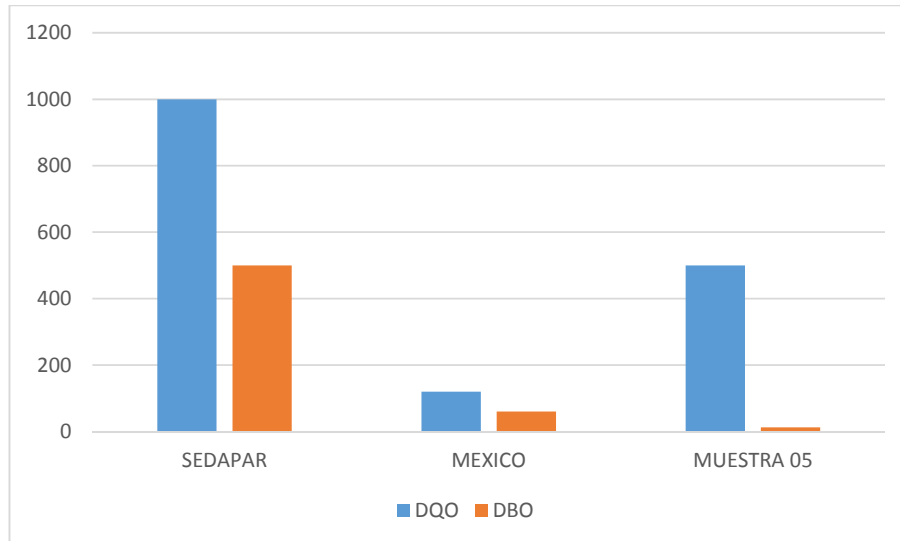
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 04: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 01 vs VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADM. (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 01	VAL. MAX. ADM. MÉXICO (AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS)
DQO	1000	354.5	120
DBO	500	10.24	60

FUENTE:: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (PANAMÁ).SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1993

**GRAFICO 03: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 01 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**COMENTARIO:**

La Muestra 01 fue tomada se tomó del registro N° 23, ubicado en el pabellón O en el Patio de la Cultura, durante tres días diferentes aproximadamente a las 11 am, hora de mayor actividad en la Clínica odontológica de la Universidad Católica de Santa María, siendo tomada y procesada por el laboratorio de calidad de la misma universidad.

En la Tabla 03 y el Grafico 02, se muestran los valores máximas admisibles reglamentado por Perú de la empresa SEDAPAR, comparado con los resultados de la muestra N° 1 y los valores máximas admisibles normados en San Salvador y Panamá en donde se muestran que los valores máximos admisibles de todos los parámetros son mayores que los que manejan en El Salvador y en Panamá.

Se observa que en el resultado de la tabla comparativa la empresa Sedapar no considera muchos materiales que se encuentran en el fluido que definitivamente impactan el ecosistema con los siguientes problemas colaterales en la población próxima al proyecto se cumpliría con los requisitos de la empresa SEDAPAR pero con parámetros elevados con respecto a San Salvador y Panamá.

En la Tabla 04 y el Grafico 04, se muestran que los valores de DQO y de DBO están dentro de los valores máximos admisibles reglamentados por SEDAPAR, y altos para los valores máximos admisibles normados para el agua residual sanitaria en México en donde se muestran que en los valores de todos los parámetros son mayores que los que maneja México.

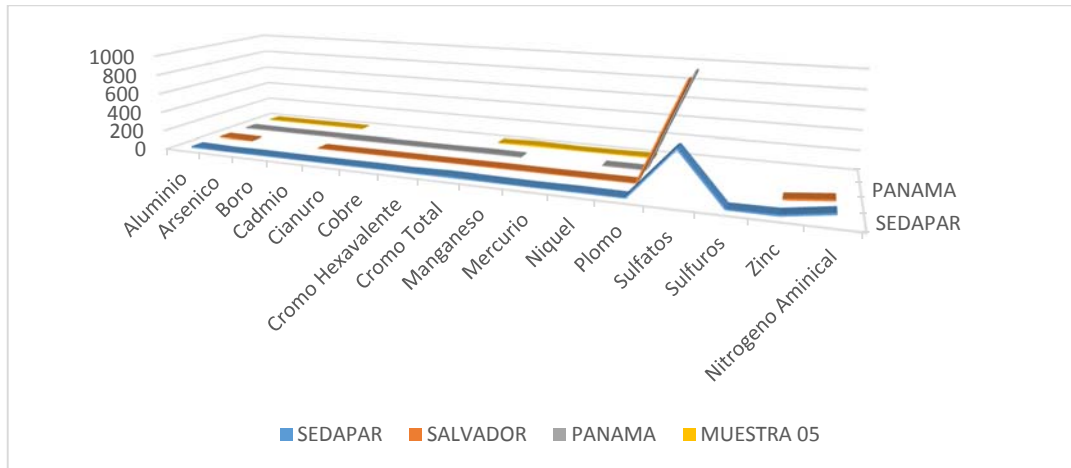
En la Tabla 04 y Grafico 03 el DQO y el DBO se encuentran por debajo de los parámetros de SEDAPAR; pero comparados con los valores para aguas residuales hospitalarias estaría el DQO muy por encima de estos valores permitidos (NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCA-O29-ECOL/1993, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES).

**TABLA 05: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 02 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR, PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADMISIBLES (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 02	V.M.A (SAN SALVADOR)	V.M.A (PANAMÁ)
Aluminio	10.00 mg/L	0.543 mg/L	5.00 mg/L	5.00 mg/L
Antimonio		0.004 mg/dl		
Arsénico	0.50 mg/L	NO DETECTABLE	0.10 mg/L	0.50 mg/L
Bario		0.037 mg/dl		
Berilio		NO DETECTABLE		
Bismuto		0.006 mg/dl		
Boro	4.00 mg/L	0.228 mg/l		0.75 mg/L
Calcio		58.96 mg/dl		
Cadmio	0.20 mg/L	NO DETECTABLE	0.10 mg/L	0.01 mg/L
Cianuro	1.00 mg/L	NO SE REALIZO	0.50 mg/L	0.20 mg/L
Cobalto		0.007 mg/dl		
Cobre	3.00 mg/L	0.071 mg/dl	1.00 mg/L	1.00 mg/L
Cromo Hexavalente	0.50 mg/L		0.10 mg/L	0.05 mg/L
Cromo Total	10.00 mg/L	0.068 mg/dl	1.00 mg/L	5.00 mg/L
Estaño		NO DETECTABLE		
Estroncio		0.27 mg/dl		
Fosforo		3.682 mg/dl		
Hierro		0.074 mg/dl		
Litio		0.024 mg/dl		
Manganeso	4.00 mg/L	NO SE DETECTA	2.00 mg/L	0.50 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L	NO SE DETECTA	0.01 mg/L	
Molibdemo		NO SE DETECTA		
Níquel	4.00 mg/L	0.018 mg/dl	0.20 mg/L	0.20 mg/L
Potasio		1004 mg/dl		
Plomo	0.50 mg/L	0.071 mg/dl	0.40 mg/L	0.050 mg/L
Plata		0.046 mg/dl		
Selenio		0.263 mg/dl		
Silicio		0.234 mg/dl		
Sodio		46.98 mg/dl		
Sulfatos	500.00 mg/L		1000.00 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfuros	5.00 mg/L			
Titanio		0.005 mg/dl		
Vanadio		NO DETECTABLE		
Zinc	10.00 mg/L	6.013 mg/dl	5.00 mg/L	3.00 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	80.00 mg/L		50.00 mg/L	

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (PANAMÁ). SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1993,

**GRAFICO 04: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 02 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



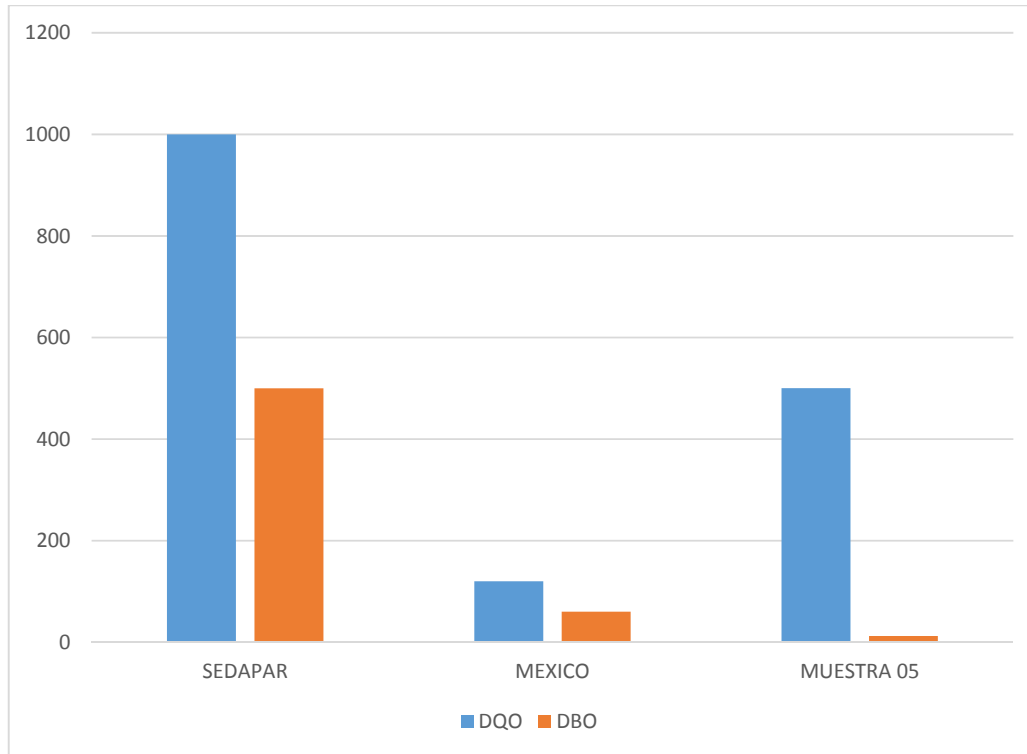
**FUENTE::** NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (PANAMÁ).SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1993,

**TABLA 06: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 02 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADM. (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 01	VAL. MAX. ADM. MÉXICO (AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS)
DQO	1000.00	367.50	120
DBO	500.00	10.48	60

**FUENTE::** NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (PANAMÁ).SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1993,

**GRAFICO 05: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 02 vs VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**COMENTARIO:** En la Tabla 05 y el Grafico 04, se muestran los Valores de la Muestra 01 se encuentran en los límites los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES normados en San Salvador y Panamá en donde se muestran que zinc se encuentra elevado los valores de todos los parámetros son mayores que los que manejan en El Salvador y en Panamá.

En la tabla 05 y el grafico 04 aparentemente los resultados nos indicarían que los parámetros están dentro de los Valores exigidos por SEDAPAR; pero de

manera paralela podemos observar que comparándolo con los parámetros utilizados en El Salvador y Panamá difieren en cuanto a los valores de: Zinc. viéndose lo mismo en la tabla y grafico 06 y tabla, en este caso los valores de DQO con respecto a los parámetros Mexicanos estaría elevado. En la Tabla 06 y el Grafico 05, se muestra que los valores de DQO t de DBO en la Muestra 01 están dentro los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y altos para los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLE normados para el agua residual sanitaria en México en donde se muestra el DQO está elevado que en los valores de todos los parámetros son mayores que los que maneja México

En la Tabla 06 y el Grafico 05, se muestran los Valores de la Muestra 02 se encuentran en los límites los valores MÁXIMAS admisibles reglamentado por SEDAPAR, y los valores MÁXIMAS admisibles normados en San Salvador y Panamá en donde se muestran que zinc se encuentra elevado los valores de todos los parámetros son mayores que los que manejan en El Salvador y en Panamá.

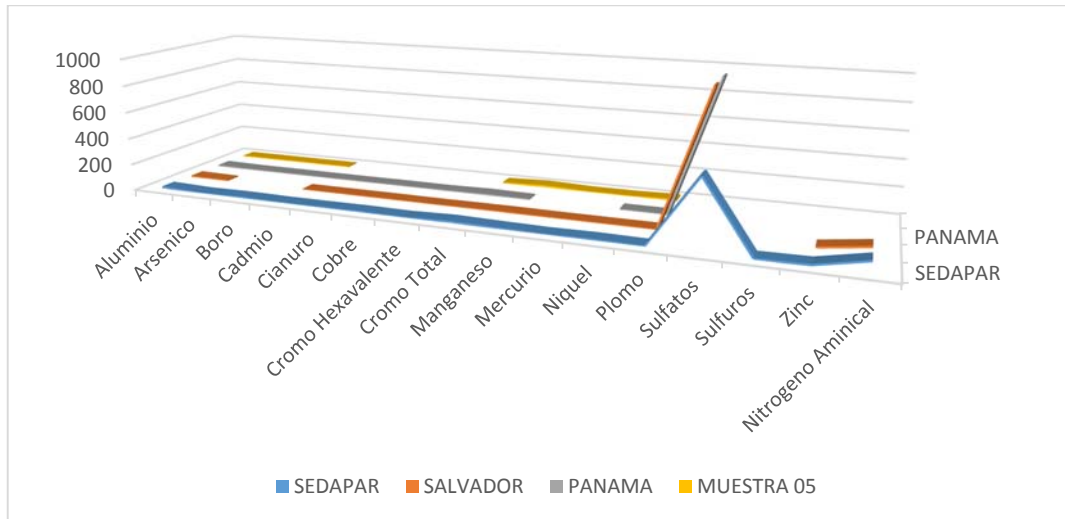
En la tabla 06 y el grafico 05 aparentemente los resultados nos indicarían que los parámetros están dentro de los Valores exigidos por SEDAPAR; pero de manera paralela podemos observar que comparándolo con los parámetros utilizados en El Salvador y Panamá difieren en cuanto a los valores de: Zinc. viéndose lo mismo en la tabla y grafico 06 y tabla, en este caso los valores de DQO con respecto a los parámetros Mexicanos estaría elevado

**TABLA 07: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 04 vs VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADMISIBLES (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 04	V.M.A (SAN SALVADOR)	V.M.A (PANAMÁ)
Aluminio	10.00 mg/L	0.476 mg/L	5.00 mg/L	5.00 mg/L
Antimonio		0.048 mg/dl		
Arsénico	0.50 mg/L	NO DETECTABLE	0.10 mg/L	0.50 mg/L
Bario		0.038 mg/dl		
Berilio		NO DETECTABLE		
Bismuto		0.022 mg/dl		
Boro	4.00 mg/L	0.59 mg/dl		0.75 mg/L
Calcio		142.4 mg/dl		
Cadmio	0.20 mg/L	0.004 mg/dl	0.10 mg/L	0.01 mg/L
Cianuro	1.00 mg/L	NO SE REALIZÓ	0.50 mg/L	0.20 mg/L
Cobalto		0.008 mg/dl		
Cobre	3.00 mg/L	0.051 mg/dl	1.00 mg/L	1.00 mg/L
Cromo Hexavalente	0.50 mg/L		0.10 mg/L	0.05 mg/L
Cromo Total	10.00 mg/L	NO DETECTABLE	1.00 mg/L	5.00 mg/L
Estaño		0.001 mg/dl		
Estroncio		1.077 mg/dl		
Fosforo		0.019 mg/dl		
Hierro		1.948 mg/dl		
Litio		79 mg/dl		
Manganeso	4.00 mg/L	NO SE DETECTA	2.00 mg/L	0.50 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L	0.006 mg/dl	0.01 mg/L	
Molibdeno		NO DETECTABLE		
Níquel	4.00 mg/L	32.79 mg/dl	0.20 mg/L	0.20 mg/L
Potasio		0.396 mg/dl		
Plomo	0.50 mg/L	0.396 mg/dl	0.40 mg/L	0.050 mg/L
Plata		0.658 mg/dl		
Selenio		No detectable		
Silicio		0.246 mg/dl		
Sodio		0.003 mg/dl		
Sulfatos	500.00 mg/L		1000.00 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfuros	5.00 mg/L			
Titanio		0.007 mg/dl		
Vanadio		0 mg/dl		
Zinc	10.00 mg/L	0.495 mg/dl	5.00 mg/L	3.00 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	80.00 mg/L		50.00 mg/L	

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (PANAMÁ). SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1993,

**GRAFICO 06: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 04 vs VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



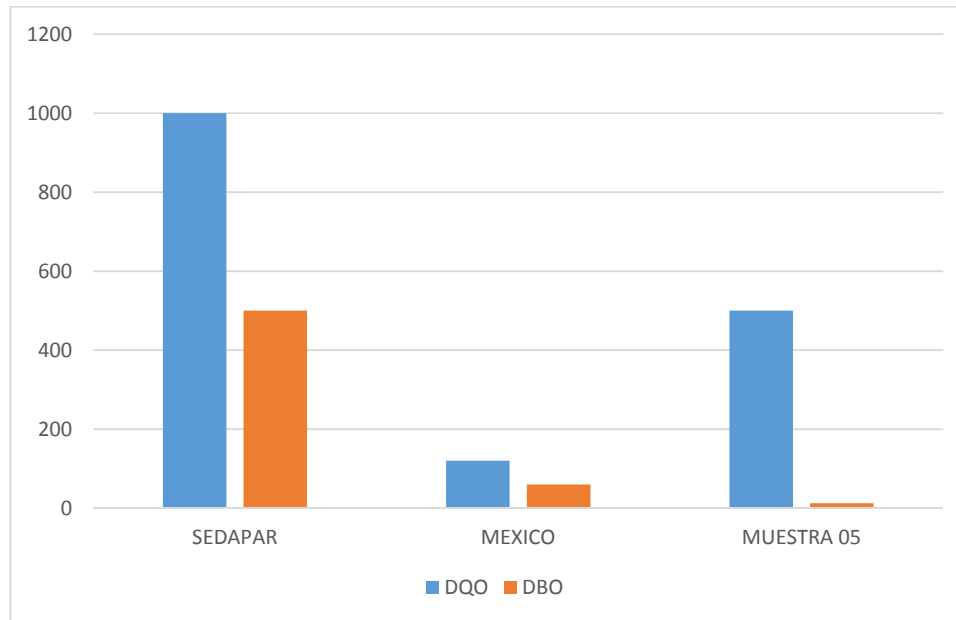
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 08: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 04 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADM. (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 04	VAL. MAX. ADM. MÉXICO (AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS)
DQO	1000	469.4	120
DBO	500	15.33	60

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (Panamá). SEDAPAR., NOM-CCA-029-ECOL/1993,

**GRAFICO 07: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 04 vs VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**COMENTARIO:** En la Tabla 09 y el Grafico 09, se muestran los Valores del agua residual se encuentran en los límites los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES normados en San Salvador y Panamá en donde se muestran qel zinc se encuentra elevados los valores de todos los parámetros son mayores que los que manejan en El Salvador y en Panamá.

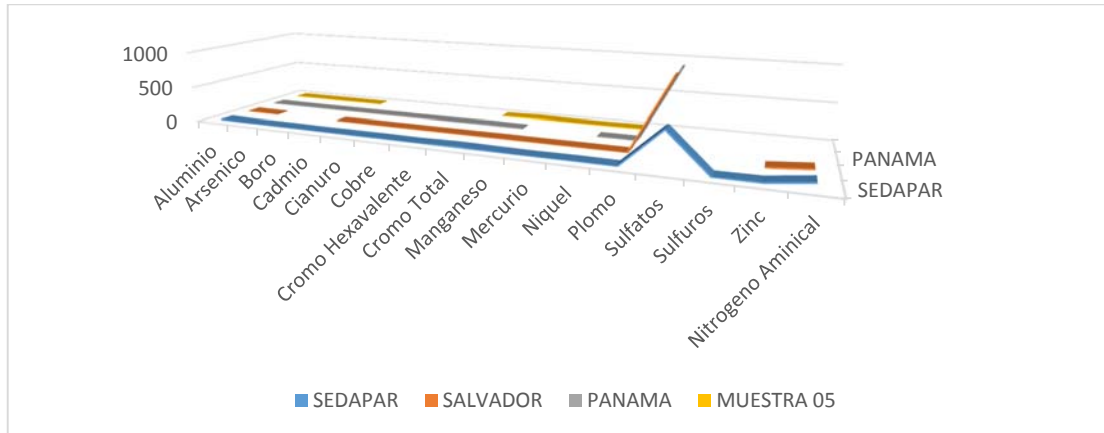
En la Tabla 10 y el Grafico 10, se muestran que los valores de DQO t de DBO están dentro los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y altos para los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLE normados para el agua residual sanitaria en México en donde se muestran que en los valores del DQO son mayores que los que maneja México.

**TABLA 09: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLE AGUA RESIDUAL (LODO RESIDUAL), “MUESTRA TRES” VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADMISIBLES (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 03 (lodo residual)	V.M.A (SAN SALVADOR)	V.M.A (PANAMÁ)
Aluminio	10.00 mg/L	44100.0 mg/L	5.00 mg/L	5.00 mg/L
Antimonio		15.2 mg/dl		
Arsénico	0.50 mg/L	91.9 mg/dl	0.10 mg/L	0.50 mg/L
Bario		44.2 mg/dl		
Berilio		5.6 mg/dl		
Bismuto		14.3 mg/dl		
Boro	4.00 mg/L	NO DETECTABLES		0.75 mg/L
Calcio		34640 mg/dl		
Cadmio	0.20 mg/L	14.1 mg/dl	0.10 mg/L	0.01 mg/L
Cianuro	1.00 mg/L	NO SE REALIZO	0.50 mg/L	0.20 mg/L
Cobalto		52.37 mg/dl		
Cobre	3.00 mg/L	0.071 mg/dl	1.00 mg/L	1.00 mg/L
Cromo Hexavalente	0.50 mg/L		0.10 mg/L	0.05 mg/L
Cromo Total	10.00 mg/L		1.00 mg/L	5.00 mg/L
Estaño		1788.0 mg/dl		
Estroncio		0.27 mg/dl		
Fosforo		17110.0 mg/dl		
Hierro		6405.0 mg/dl		
Litio		79.3 mg/dl		
Manganeso	4.00 mg/L	NO SE DETECTA	2.00 mg/L	0.50 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L	1334.0	0.01 mg/L	
Molibdemo		242.7 mg/dl		
Níquel	4.00 mg/L	2873.0 mg/dl	0.20 mg/L	0.20 mg/L
Potasio		84280 mg/dl		
Plomo	0.50 mg/L	46.1 mg/dl	0.40 mg/L	0.050 mg/L
Plata		3729.0 mg/dl		
Selenio		27.7 mg/dl		
Silicio		947.8 mg/dl		
Sodio		46.98 mg/dl		
Sulfatos	500.00 mg/L		1000.00 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfuros	5.00 mg/L			
Titanio		136.1 mg/dl		
Vanadio		201.3 mg/dl		
Zinc	10.00 mg/L	21950 mg/dl	5.00 mg/L	3.00 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	80.00 mg/L		50.00 mg/L	

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (PANAMÁ). SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1999.

**GRAFICO 08: VALORES LODO RESIDUAL MUESTRA TRES VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



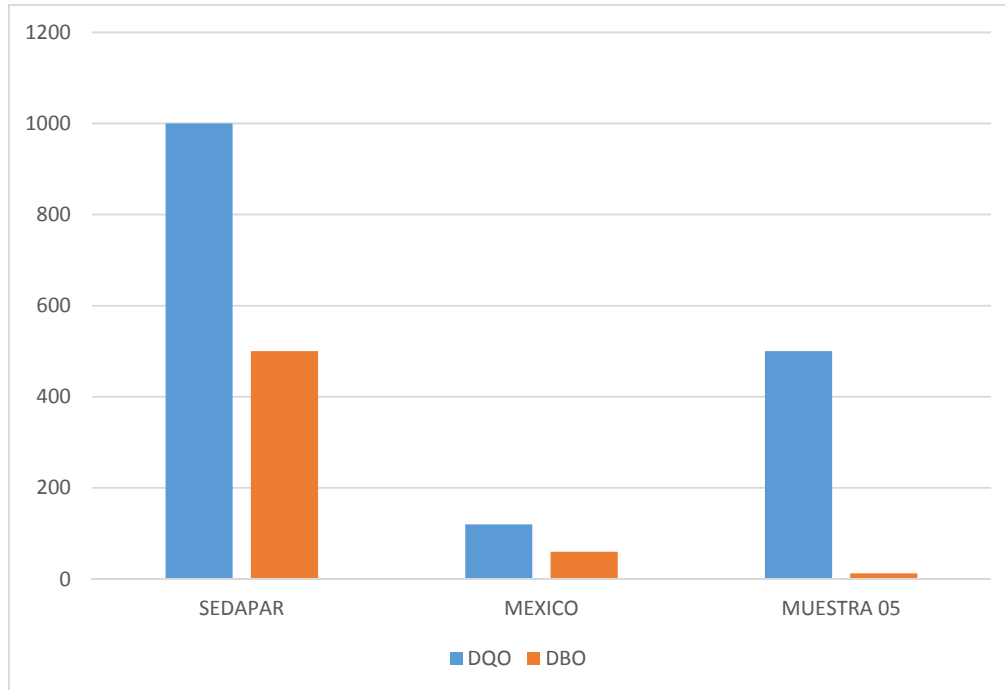
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 10: VALORES LODO RESIDUAL VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADM. (SEDAPAR)	VALORES LODO RESIDUAL	VAL. MAX. ADM. MÉXICO (AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS)
DQO	1000	75044.63	120
DBO	500	252.25	60

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (Panamá).SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1999

**GRAFICO 09: VALORES LODO RESIDUAL VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**COMENTARIOS:** En la Tabla 07 y el Grafico 06, se muestran los Valores del lodo residual se no encuentran en los límites los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES normados en San Salvador y Panamá en donde se muestran que todos los parámetros se encuentra elevados los valores de todos los parámetros son mayores que los que manejan en El Salvador y en Panamá

En la Tabla 08 y el Grafico 07, se muestran que los valores de DQO está por encima los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y altos para los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLE normados para el agua residual

sanitaria en México en donde se muestran que en los valores de todos los parámetros son mayores que los que maneja México

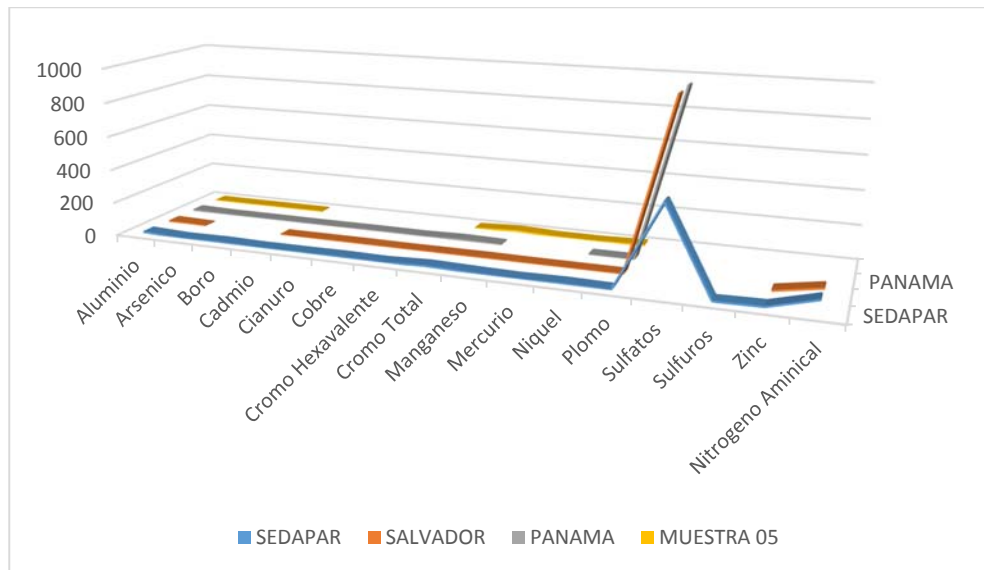
En la Tabla 08 y Grafico 07 todos los valores se encuentran polifónicamente altos, se ha podido observar visualmente ( que se encuentra documentado) así como el resultado del laboratorio se puede ver que el diseño que presenta antes de la evacuación del efluente a la Red secundaria, existe un decantador pequeño de dimensiones 90 x 40 x 60 cm y una malla de acero, no presenta equipos, filtros, ni pozas de decantación, se observa que dentro de los lodos aparecen residuos sólidos altamente contaminantes ( agujas ), vale recalcar que este se está rebosando en su límites superior, considero por los resultados de las pruebas que este diseño debe ser reevaluado para su optimización. En mi opinión que si es cierto que los resultados de laboratorio en la actualidad el momento de la toma de muestra nos indican que aparentemente los valores encontrados estarían dentro de los valores máximos admisibles según Tablas de SEDAPAR: pero considerando que “la materia y la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma” es que, una vez llegado el nivel de saturación de los registros sedimentarios se produciría el fenómeno de arrastre y seguramente estos valores se modificarían ostensiblemente ( Romero Rojas Jairo, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 2013, Programa de Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas (UN-Hábitat). 2003. Water and Sanitation in the World's Cities: Local Action for Global Goals. Londres: Earthscan.)

**TABLA 11: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 05 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES PROSTODONCIA REGISTRO 00 SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADMISIBLES (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 05	V.M.A (SAN SALVADOR)	V.M.A (PANAMÁ)
Aluminio	10.00 mg/L	0.474 mg/L	5.00 mg/L	5.00 mg/L
Antimonio		0.057 mg/L		
Arsénico	0.50 mg/L	NO DETECTABLE	0.10 mg/L	0.50 mg/L
Bario		0.046 mg/L		
Berilio		NO DETECTABLE		
Bismuto		0.024 mg/L		
Boro	4.00 mg/L	0.174 mg/L		0.75 mg/L
Calcio		121.5 mg/L		
Cadmio	0.20 mg/L	0.004 mg/L	0.10 mg/L	0.01 mg/L
Cianuro	1.00 mg/L	NO SE REALIZO	0.50 mg/L	0.20 mg/L
Cobalto		0.058 mg/L		
Cobre	3.00 mg/L	0.066 mg/L	1.00 mg/L	1.00 mg/L
Cromo Hexavalente	0.50 mg/L		0.10 mg/L	0.05 mg/L
Cromo Total	10.00 mg/L	0.039 mg/L	1.00 mg/L	5.00 mg/L
Estaño		0.001 mg/L		
Estroncio		1.077 mg/L		
Fosforo		0.095 mg/L		
Hierro		0.581 mg/L		
Litio		588.9.0 mg/dl		
Manganeso	4.00 mg/L	10.42 mg/L	2.00 mg/L	0.50 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L		0.01 mg/L	
Molibdeno		NO DETECTABLE		
Níquel	4.00 mg/L	42.23 mg/L	0.20 mg/L	0.20 mg/L
Potasio		0.009 mg/L		
Plomo	0.50 mg/L	6.965. mg/L	0.40 mg/L	0.050 mg/L
Plata		0.022 mg/L		
Selenio		NO DETECTABLE		
Silicio		0.275 mg/L		
Sodio				
Sulfatos	500.00 mg/L		1000.00 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfuros	5.00 mg/L			
Titanio		0.007 mg/L		
Talio		0.029 mg/L		
Zinc	10.00 mg/L	0.495 mg/L	5.00 mg/L	3.00 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	80.00 mg/L		50.00 mg/L	

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (Panamá).SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/199

**GRAFICO 10: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 05 vs VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



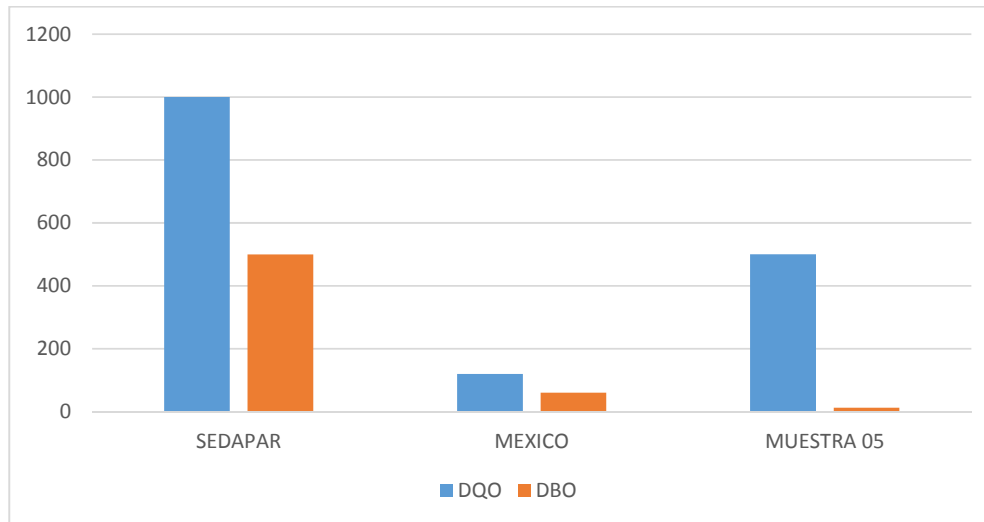
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 12: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 05 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADM. (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 05	VAL. MAX. ADM. MÉXICO (AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS)
DQO	1000	500.31	120
DBO	500	12.52	60

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (Panamá).SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/199

**GRAFICO 11: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 05 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO ) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**COMENTARIOS:** En la Tabla 09 y el Grafico 09, se muestran los Valores del agua residual se encuentran en los límites los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES normados en San Salvador y Panamá en donde se muestran del zinc, manganeso, plomo y mercurio se encuentra elevados los valores de todos los parámetros son mayores que los que manejan en El Salvador y en Panamá.

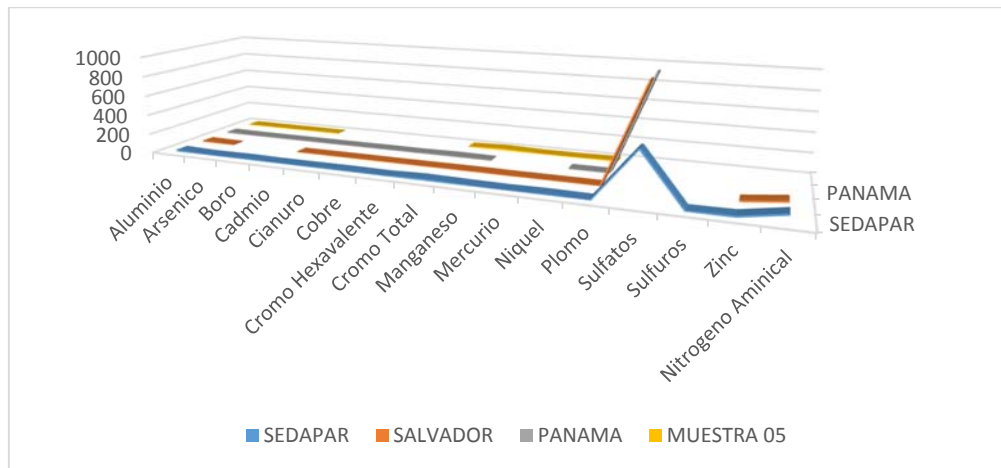
En la Tabla 04 y el Grafico 04, se muestran que los valores de DQO t de DBO están dentro los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y altos para los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLE normados para el agua residual sanitaria en México en donde se muestran que en los valores de DQO son mayores que los que maneja México

**TABLA 13: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 06 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADMISIBLES (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 06	V.M.A (SAN SALVADOR)	V.M.A (PANAMÁ)
Aluminio	10.00 mg/L	1.532 mg/L	5.00 mg/L	5.00 mg/L
Antimonio		0.057 mg/L		
Arsénico	0.50 mg/L	NO DETECTABLE	0.10 mg/L	0.50 mg/L
Bario		0.046 mg/L		
Berilio		NO DETECTABLE		
Bismuto		NO DETECTABLE		
Boro	4.00 mg/L	0.174 mg/L		0.75 mg/L
Calcio		260.0 mg/L		
Cadmio	0.20 mg/L	0.004 mg/L	0.10 mg/L	0.01 mg/L
Cianuro	1.00 mg/L		0.50 mg/L	0.20 mg/L
Cobalto				
Cobre	3.00 mg/L	0.066 mg/L	1.00 mg/L	1.00 mg/L
Cromo Hexavalente	0.50 mg/L	NO DETECTABLE	0.10 mg/L	0.05 mg/L
Cromo Total	10.00 mg/L	NO DETECTABLES	1.00 mg/L	5.00 mg/L
Estaño		NO DETECTABLE		
Estroncio		NO DETECTABLE		
Fosforo		0.095 mg/L		
Hierro		0.581 mg/L		
Litio		125.260 mg/L		
Manganeso	4.00 mg/L	10.42 mg/L	2.00 mg/L	0.50 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L	0.021 mg/L	0.01 mg/L	
Molibdeno		NO DETECTABLE		
Níquel	4.00 mg/L	47.23 mg/L	0.20 mg/L	0.20 mg/L
Potasio		0.023 mg/L		
Plomo	0.50 mg/L	7.350 mg/L	0.40 mg/L	0.050 mg/L
Plata		0.321 mg/L		
Selenio		NO DETECTABLE		
Silicio		0.275 mg/L		
Sodio		0.24 mg/L		
Sulfatos	500.00 mg/L		1000.00 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfuros	5.00 mg/L			
Titanio		NO DETECTABLES		
Talio		0.29 mg/L		
Zinc	10.00 mg/L	2.536 mg/L	5.00 mg/L	3.00 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	80.00 mg/L		50.00 mg/L	

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (Panamá). SEDAPAR., NOM-CCA-O29-ECOL/1

**GRAFICO 12: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 06 vs VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



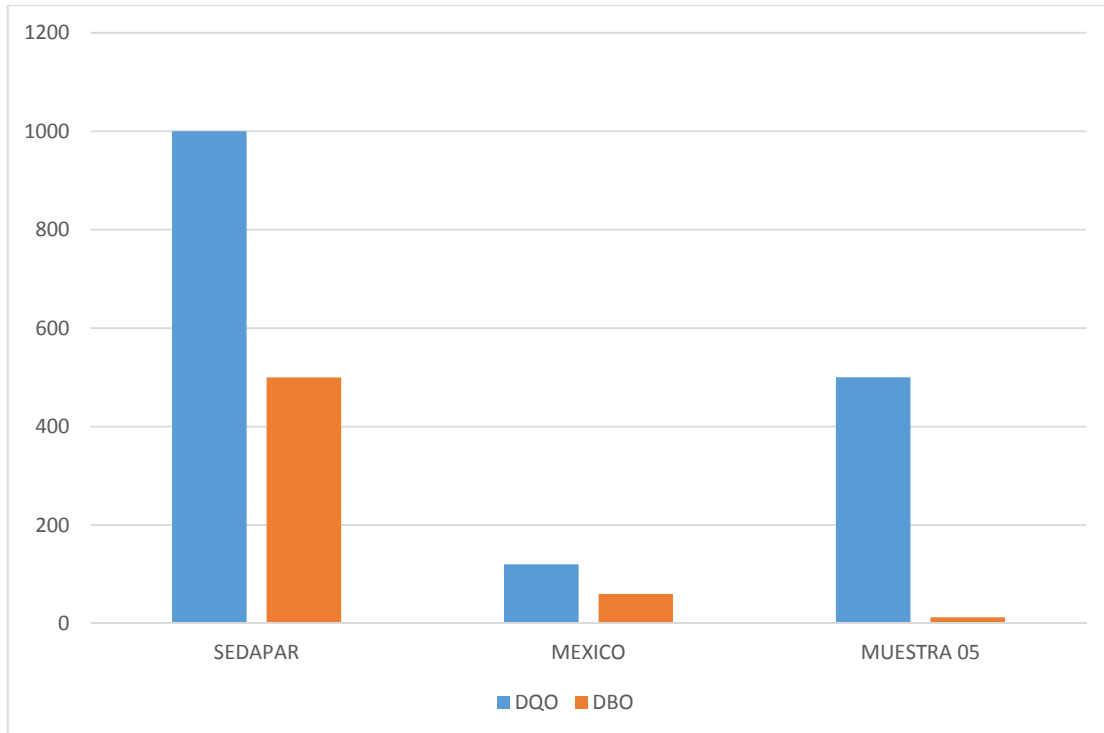
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 14: VALORES AGUA RESIDUAL, MUESTRA 06 VS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADM. (SEDAPAR)	VALORES AGUA RESIDUAL 06	VAL. MAX. ADM. MÉXICO (AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS)
DQO	1000	1525.35	120
DBO	500	125.76	60

FUENTE: NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.02.98 AGUA. AGUA ENVASADA, DECRETO N° 25991-S (Panamá).SEDAPAR., OM-CCA-O29-ECOL/199

**GRAFICO 13: VALORES AGUA RESIDUAL MUESTRA 06 vs VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (DQO y DBO) SEDAPAR, SAN SALVADOR PANAMÁ**



FUNTE: ELABORACIÓN PROPIA

**COMENTARIOS:**

Tablas valores máximos admisibles de Muestra n°6, con resultados de Laboratorio de Calidad de la UCSM; muestra tomada al ingreso de la Caja de Registro N°1, antes de verter el agua residual canal principal comparada con V.M.A. SEDAPAR, San Salvador y PANAMÁ. Viéndose lo mismo en la tabla y grafico 10 y tabla, en este caso los valores de DQO con respecto a los parámetros Mexicanos estaría elevado.

En la Tabla 09 y el Grafico 09, se muestran los Valores del agua residual se encuentran en los límites los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado

por Sedapar, y los Valores Máximos Admisibles normados en San Salvador y Panamá en donde se muestran del zinc, manganeso, plomo y mercurio se encuentra elevados los valores de todos los parámetros son mayores que los que manejan en El Salvador y en Panamá.

En la tabla y el grafico 11 aparentemente los resultados nos indicarían que los parámetros están dentro de los Valores exigidos por SEDAPAR excepto Manganeso, Níquel, plomo y mercurio; pero de manera paralela podemos observar que comparándolo con los parámetros utilizados en El Salvador y Panamá difieren en cuanto a los valores elevados de los micro elementos ya descritos quienes tienen efecto directo sobre la salud humana son el plomo y el mercurio (OMS, COMISIÓN DE MANEJO DE METALES PESADOS y Romero Rojas Jairo, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 2013).

En la Tabla 04 y el Grafico 04, se muestran que los valores de DQO y DBO están dentro los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLES reglamentado por SEDAPAR, y altos para los VALORES MÁXIMAS ADMISIBLE normados para el agua residual sanitaria en MÉXICO en donde se muestran que en los valores de DQO son mayores que los que maneja MÉXICO.

## CONCLUSIONES

- **PRIMERA:** Los resultados de los Valores Máximos Admisibles el DBO de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. en el año 2015, aparentemente no se encuentran en su totalidad dentro de los parámetros exigidos por la normatividad y Sedapar; existen metales pesados y otros elementos químicos no considerados en la normatividad cuyos valores son altos, además en los lodos, todos los valores son exponencialmente altos lo que me permite establecer que este resultado no es bueno y me indica que existe alta contaminación en las descargas del efluente que superan los valores máximos admisibles, existe un caudal variable en el efluente y el fenómeno de arrastre por el diseño, sistema sanitario actual de la Clínica Odontológica de la UCSM.
- **SEGUNDA:** La demanda Bioquímica de oxígeno DBO, para el caso D.S. N° 021-2009-Vivienda el VMA para descargas en el sistema de alcantarillado es  $500 \frac{mg}{L}$  en el efluente, Los resultados de las muestras nos indica que el resultado es variable, pudiendo ser valores muy bajos menores a  $16 \frac{mg}{L}$ , cuyo resultado sería bueno ya que las bacterias aeróbicas se desarrollarían fácilmente, En el caso de la muestra antes del desarenador y en el lodo los valores son altos superiores a  $120 \frac{mg}{L}$  e inferiores a  $260 \frac{mg}{L}$  pero son bajos con respecto al parámetro del D.S.021 éstos valores son altos respecto al de otros países con mayor exigencia en sus procesos y operaciones unitarias, en el caso peruano el parámetro de  $500 \frac{mg}{L}$  les más costoso.

- **TERCERA:** Los resultados de los Valores Máximos Admisibles de DQO de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. en el año 2015, son elevados respecto a los, VMA. Según DS 021-2009 cuyo valor es de  $1000 \frac{mg}{L}$  valores de las muestras se encuentran entre  $400 \frac{mg}{L}$  y  $75\ 044 \frac{mg}{L}$  los parámetros exigidos por SEDAPAR; Los valores máximos admisibles según DS.O21-2009 y los valores obtenidos son muy altos con respecto a países similares, lo que no es bueno ya que se da mayor parámetro para que sus procesos sean económicos, pero el costo social es alto por los efectos colaterales que estos producen en la población por su alta contaminación.
- **CUARTA:** Los Valores Máximos Admisibles como parámetro y los resultados de las muestras obtenidas y comparados nos sugiere que en los parámetros no muestran muchos elemento químicos y metales pesados los que provocan contaminación ambiental y enfermedades dependiendo las concentraciones se puede notar que en el efluente se encontraron altas concentraciones de. Ca, Mn. Mg, Zn, Li, Ni, Pb, Hg esto no es bueno porque su tratamiento se encarece para el proceso de solución del efluente y su solución es compleja, así como las enfermedades que ocasionan colateralmente
- **QUINTA:** El lodo residual de las descargas del efluente muestra una altísima contaminación no solo con elementos químicos propios de la descarga, en el fluido fluidizado muestra agujas jeringas muestra color gris oscuro y un olor fétido notándose fenómeno de arrastre como se muestra en las evidencias. lo que demuestra, alta contaminación en la descarga lo que es posible cumplir con el DS -021-2009, debido a que el caudal de la descarga es variable así

como los tratamientos Odontológico el que no tiene procedimientos y manejo estándar, los valores de los lodos residuales son exponencialmente altos respecto a los Valores Máximos Admisibles DS-021-2009, existen elementos no previstos en el Decreto Supremo

- **SEXTA:** Se ha determinado como aporte del estudio proponer una planta mínima equivalente a un PTAR-2 para mitigar la contaminación por descarga de los efluentes y lograr acreditar el parámetro propuesto según tabla DS-012-2009, además abre espacios de muchas investigaciones relacionadas al manejo de efluentes, residuos sólidos, residuos biológicos, materiales peligrosos, contaminación bacteriana y microbiológica.

En relación al análisis físico de los lodos Análisis físico del Agua residual en las descargas de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M presenta una coloración gris con sedimentación de un material blanquecino (yeso), con olor fétido y con presencia de agujas (material altamente contaminado).

Se propone medidas y propuestas finales, para reducir las concentraciones de los Valores Máximos Admisibles en la descarga, así como bacterias y microbios mitigando su impacto en las descargas del efluente.

## RECOMENDACIONES

- **PRIMERA:** Cumplir con la normatividad vigente de SEDAPAR, para ello se requiere redimensionar los registros de las salidas de las descargas de los Efluentes de la Clínica Odontológica UCSM. Esto por exigencias medioambientales y crecimiento de esta Facultad.

- **SEGUNDA:** Tratamiento secundario de aguas residuales, diseñar una planta básica PTAR-2 para sedimentación y filtrado con grava, antes de las descargas del efluente de la Clínica Odontológica a la red de desagüe.

Diseño de un sistema cerrado con apoyo de saca grasa para retirar la mayor cantidad de concentración de yeso que normalmente se vierte en los desagües especialmente en los laboratorios de impresiones existen dos en la clínica. Odontológica.

- **TERCERA:** Se sugiere no reusar las descargas de los efluentes, porque no solo se trata de materiales pesados en el efluente, el peligro está en los microbios bacterias que pudieran contaminar los suelo el aire provocando efectos colaterales en la población estudiantil docentes personal administrativo, si se usara para riego partiendo del principio de la primera ley de la termodinámica “La materia y la energía no se crea ni se destruye solo se transforma”.

Uso y selección de materiales lo menos contaminantes posibles en lo posible biodegradables, aplicación de procedimientos de Bioseguridad a la entrada,

- **CUARTA:** Se aplique Seguridad y Salud en el Trabajo, que tiene carácter de ley, IPER, Ergonomía, capacitación, equipos de protección personal.

Cumplir con lo dispuesto por Seguridad y Defensa Civil, manejo de residuos sólidos, biológicos y materiales peligrosos, señalética, dimensiones de pasillos, vidrios hidrantes, extinguidores.

Redactar protocolos de trabajo para el personal que labora en la Clínica Odontológica para mitigar las concentraciones de los parámetros de los efluentes según SEDAPAR.

- **QUINTA:** Es pertinente tener presente que se puede lograr mitigar y cumplir con los valores máximos admisibles pero eso no significa que no estemos contaminado el medio ambiente, ya que en la norma no se considera todos los materiales, que no permiten una potabilización adecuada como se puede observar en los resultados de los análisis.
- **SEXTA:** Debe existir temas transversales de bioseguridad a lo largo de toda la carrera de odontología, y un curso específico en el séptimo y octavo semestre, ya que es un tema neurálgico en odontología el mismo debe estar presente en la clínica en los procedimientos deben formar parte importante para la nota en las tablas de cotejos, debe existir trazabilidad.

Se tiene que trabajar a nivel de diseño y de redimensionamiento de una planta básica para mitigación de los impactos ambientales.

## PROPUESTA DE SOLUCIÓN, MITIGACIÓN DE LOS VALORES

### **MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA).**- En base al estudio realizado se propone

lo siguiente:

- En función de los resultados en los ensayos realizados a los efluentes y lodos de la Clínica Odontológica por el Laboratorio de Ensayos acreditado de Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María; se tomaron muestras en los puntos de descarga de las aguas residuales de los 100 sillones aproximadamente cuenta con nueve cajas de registros con desarenadores de pequeña dimensión, conforme al plano P-O, IS-04; con ocho registros y desarenadores pequeños (00, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29) y los planos P-O, 05 Y P-O, 06, )por donde discurre solo agua residual de la clínica sin contaminación de heces fecales y orina.
- La clínica Odontológica en sus diferentes protocolos de atención, se puede asegurar que estos son complejos y más aún si observamos los materiales, herramientas, materiales, equipos, materiales peligrosos, fluidos diversos, bacterias microbios y enfermedades como hepatitis B, VIH, SIDA y otros de alto riesgo.
- Las herramientas utilizadas son tan diversas como lo son los elementos aleantes y materiales abrasivo y aglomerante son tan diversos que enumerarlos sería ocioso hacerlo, ya que las herramientas se van perfeccionando conforme avanza las nuevas tendencias de bioseguridad, gestión ambiental, ergonomía y nuevas técnicas odontológicas en estética, rehabilitación, ortodoncia, endodoncia, periodoncia, implantes y otros.

- En cuanto a los materiales utiliza muchos materiales para los diferentes procedimientos que podríamos afirmar que se utilizan: metales, cerámicos, polímeros, cerámicos, compuestos, biomateriales y muchos otros ejemplos: amalgamas 2 ( 50% de mercurio 50% de polvo de aleación con 65% de plata y menos del 29 % de Estaño 6 % de cobre las proporciones va variando), material compuesto resina bis-GMA (acrílico de glicidilmetacilato de bisfenol) con material de relleno como polvo de vidrio, los implantes son de aleaciones de titanio debido a su biocompatibilidad, se usa la porcelana, el oro, plata, materiales de limpieza cloro
- Se debe considerar los materiales, procedimientos de ingreso su operación y protocolos utilizados: Reglamento de bioseguridad y su aplicación, procedimientos de seguridad y salud en el trabajo con sus respectivos IPER C señalética y manejo de residuos sólidos, líquidos, gaseosos y sus efluentes, aplicación de normas de seguridad y Defensa civil, así como aplicación de la normatividad ISO 14 000 Gestión ambiental, para medir sus impactos en las aguas residuales.
- Partiendo de la siguiente premisa “La materia y la energía no se crea ni se destruye solo se transforma” en base al análisis de los materiales, herramientas e insumos utilizados y considerando su densidad superiores o  $< 1.00 \frac{Kg}{dm^3}$  dependiendo de su temperatura que permitesu sedimentación en un fluido con materiales en suspensión con una determinada concentración de materiales pesados superiores a  $> 1.00 \frac{Kg}{dm^3}$  que permite su sedimentación el que debe monitorearse permanentemente para ajustar parámetros de

diseño y determinar su mantenimiento y frecuencias de limpieza en los desarenadores y el pozo de sedimentación propuesto con un monitoreo diario para los informes mensuales que exige SEDAPAR.

- Existe el pozo 00 perteneciente al laboratorio de Odontología desarenador colindante con el Pabellón I, donde se hace trabajos en yeso y la lechada de alta concentración se vierte en el desagüe que se vierte en el registro 00 el que se satura permanentemente, en el pabellón "0" existe un ambiente destinado para realizar trabajos en yeso el que se usa de manera informal utilizado ya que estos trabajos en yeso son realizados por los alumnos en cualquier puesto y parte de este material termina en cualquiera de los nueve registros, además las radiografías y el lavado de éstas o éstas terminan en el fluido fluidizado con diferentes concentraciones.
- La propuesta está enmarcada en la mitigación de los valores máximos admisibles para esto se tomó muestras al azar en diferentes horas del día cuyo promedio  $0.02427 \frac{\text{Litros}}{\text{Segundo}}$  en los registros N°21, N°22, N°23 y 24 sobre un total de 10 registros en total, cuyo caudal promedio alto es  $0.2427 \frac{\text{Litros}}{\text{Segundo}}$  expresado en  $0.882 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$  y considerando un crecimiento futuro de 3 veces su actual capacidad, considerando el pregrado, post grado y trabajos de investigación talleres y diplomados cuyo caudal a considerar como efluentes un caudal total de  $2.646 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Para determinar el caudal promedio para  $6 \text{ m}^2$  cuyas medidas son:  $L= 3 \text{ m}$ .  
 $A=2 \text{ m}$ .

Hmin. = 0.80 m. H max. = 1.55.m.

Se ha considerado un margen de seguridad del 20 % en el diseño.

- Conforme a los resultados obtenidos y para lograr acreditar se tendrá que rediseñar y redimensionar el sistema conforme a los resultados de la investigación y los resultados de las muestras ensayadas y los parámetros exigidos en el Perú se lograra cumplir con los Valores Máximos Admisibles exigidos por Sedapar lo que no quiere decir que se a cumplido con todas las exigencias de la reglamentación ambiental, y estos comparado con países con realidades parecidas Costa Rica y Panamá y por países con mayor exigencia como Inglaterra y Estados Unidos con parámetros más ajustados sobre todo lo relacionado a lo biológico como enfermedades bacterias microbios, hongos etc.

**PARÁMETROS DE DISEÑO PARA POZO DE SEDIMENTACIÓN.-** Se considera lo siguiente toma de muestras para determinar el caudal teórico a considerar. Las nueve salidas de desagües de la clínica odontológica no es un caudal uniforme es más bien variable y por el diseño de distribución de usuarios, las instalaciones no están equilibradas además es estacional

**TABLA N° 15: DETERMINACIÓN DEL CAUDAL PROMEDIO, PARA  
PROPONER DISEÑO DE SEDIMENTADOR**

ITEM	CAUDAL (Q) = $\frac{\text{Litros}}{\text{Segundo}}$	CAUDAL (Q) = $\frac{m^3}{h}$
1	0.018	0.065
2	0.021	0.076
3	0.022	0.079
4	0.020	0.072
5	0.025	0.090
6	0.026	0.094
7	0.029	0.104
8	0.027	0.097
9	0.031	0.112
10	0.029	0.104
11	0.032	0.108
12	0.043	0.155
13	0.033	0.118
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.041</b>	<b>0.098</b>

FUENTE: Elaboración propia

## PRIMERA PROPUESTA

- Propuesta de sedimentador de concreto armado, para un área y caudal según calculo aproximados.

La tabla nos muestra un promedio de caudal aproximadamente de:

$$0.098 \frac{m^3}{h} \times 9 \text{ salidas} = 0.889 \frac{m^3}{h}$$

Considerando un margen de crecimiento 3;

$$0.889 \frac{m^3}{h} \times 3 = 2.646 \frac{m^3}{h} \text{ para un área aproximada de } [5 m^2 - 6 m^2] \text{ y un caudal entre } [3 \frac{m^3}{h} - 12 \frac{m^3}{h}].$$

- En la primera y segunda propuesta está considerado es el uso de cuatro saca grasas para ser colocadas en el desagüe, del lavabo colocados en serie y unidos por vasos comunicantes con una bomba, considerando un sistema cerrado con un control de nivel, totalmente automatizado para reusar el fluido de alta concentración y el exceso después de sedimentarse, solución de agua con yeso de baja concentración se vierte al desagüe, lo que permitirá disminuir el porcentaje de yeso en el efluente que va al colector principal. este sistema será utilizado para procesar yesos dentales: yeso para impresión tipo I-II-III, incluye el puesto de corte.

## SEGUNDA PROPUESTA

Se ha considerado otra alternativa completamente móvil y posible de acoplarse a una planta básica de tratamiento de aguas residuales para poder optimizar la calidad del efluente. Instalando, filtros, caja centrifugadora de osmosis inversa, bombas, filtro de carbón activado, desmineralizador

ablandador y el uso de coagulantes, conforme a la necesidad del efluente a verter al colector principal.

Un sedimentador de placas inclinadas modelo mínimo SPI-5/6 cuyas especificaciones técnicas son:

**TABLA N° 16: Especificaciones Técnicas sedimentador de placas NOVARSA**

Modelo	Área de sedimentación $m^2$	Caudal $\frac{m^3}{h}$ Mínimo	Caudal $\frac{m^3}{h}$ Máximo	Peso en Kg.
SPI – 5/6	5	3	12	2 000

Fuente: NOVARSA Argentina, <http://www.novarsa.com/esr/productos.php>.



## FOTOS

FOTO N° 1: Apertura de registros



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 2: Inicio de proceso por parte de personal de infraestructura



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 3: Muestra del agua residual contaminado con otros solidos



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N°4: Muestra los registros existentes del pabellón O



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 5: Vista de los desarenadores pequeños



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 6: Ubicación de los desarenadores



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 7: Apertura del desarenador más importante y registro



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 8: Preparación de muestra



FUENTES: Elaboración propia

FOTO N° 9: Apertura de colector principal



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 10: Se observa agua residual



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 12: Se muestra el nivel de contaminación donde se observa residuos de todo tipo



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 13: SEARENADOR PEQUEÑO



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 14: Lodo con fluido residual



FUENTE: Elaboración propia

FOTOS N° 15: Toma de evidencias por personal de laboratorio de calidad



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 16: Registro y desarenador



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 17 Toma de evidencias en las muestras



FUENTE: Elaboración propia

FOTO N° 18 Toma de muestra con evidencia



FUENTE: Elaboración propia



# ANEXOS



**ANEXO N° 1**  
**PROYECTO DE TESIS**

# UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA MARÍA

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



**RELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE PARÁMETROS DE LAS  
DESCARGAS DE EFLUENTES EN LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE  
LA U.C.S.M. Y LOS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA),  
AREQUIPA 2015**

**Proyecto de tesis presentado por  
MAGÍSTER ROLARDI VALENCIA BECERRA  
Para optar el Grado Académico de  
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**AREQUIPA - PERÚ**

**2015**

## I. PREÁMBULO

La Universidad Católica de Santa María de Arequipa preocupada de acreditar estándares de calidad no solo académicos, sino también en aspectos ambientales y de responsabilidad social e imagen institucional, con un manejo responsable de nuestros efluentes y las buenas prácticas en el manejo de fluidos productos químicos materiales peligrosos, residuos que puedan contaminar seriamente los efluentes de los colectores Municipales y sanitarios de la población.

Se debe recordar que conforme a ley se viene implementando protocolos ambientales por parte de instituciones gubernamentales a nivel Nacional y Gobiernos Municipales, es conveniente mencionar que las municipalidades dentro de las prerrogativas que tienen está la de controlar los efluentes, provenientes de las salidas de nuestros canales de salidas, los mismos que deberán ser analizados y acreditados por laboratorios reconocidos por una entidad gubernamental.

Adicionalmente con este tema es importante recordar que la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. cumple un rol esencial en las labores de extensión universitaria y promoción de la salud pública, sirviendo desde hace años un servicio de calidad a la Sociedad Arequipeña. Siendo indispensable un control eficiente de la emisión de efluentes y así evitar impactos ambientales negativos en el ambiente, a la salud y a todos las personas involucradas.

Hay que indicar que los efluentes seleccionados para el presente trabajo será un segmento de todo un gran sistema y lo que se pretende es poner las bases para fijar bases de protocolos a seguir para el manejo adecuado de los efluentes y se cumpla y ajuste con los valores máximos admisibles.

Durante mi permanencia en la Universidad Católica de Santa María tanto como docente y como Jefe de la Unidad de Mantenimiento y Servicios Generales considero que el manejo de dichas instalaciones sanitarias deberían ser más eficiente, según la normatividad vigente. Por éstas razones y al no encontrar trabajos parecidos me motivo a realizar el presente estudio.

## II. PLANTEAMIENTO TEÓRICO:

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Enunciado del Problema:

Cuál es la relación de los valores de las características de las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente, Arequipa 2015?

#### 1.2 Descripción del problema:

El problema al que enfrentamos pertenece a la siguiente calificación de investigación científica:

##### 1.2.1. Área científica a la que corresponde el problema:

- **Área** : CIENCIAS AMBIENTALES
- **Línea** : CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
- **Tópico** : MANEJO DE EFLUENTES

##### 1.2.2. Análisis de variables

Por tratarse de medir los valores máximos permisibles de los efluentes de la clínica odontológica de la Universidad Católica de Santa María para poder corregir ajustar y acreditar ante instituciones del estado, se constituye las siguientes variables.

- **Variable dependiente:** Características de las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M.
- **Variable independiente:** Valores Máximos Admisibles.

### 1.2.3. Operacionalización de Variables

VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD	ESCALA
<b>Variable independiente:</b> Valores MÁXIMOS Admisibles.	Valores MÁXIMOS Admisibles. DBO (nitrogenácea).	mg/L	<b>cuantitativa</b>
	Valores MÁXIMOS Admisibles. DQO (Demanda química de Oxígeno).	mg/L	<b>cuantitativa</b>
	Valores MÁXIMOS Admisibles. Análisis Químico de agua y lodo residual.	mg/L	<b>cuantitativa</b>
	Valores MÁXIMOS Admisibles. Análisis Físico del agua y lodo residual.	mg/L	<b>cuantitativa</b>
<b>Variable dependiente:</b> <i>Características de las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M.</i>	DBO (Nitrogenácea)	mg/L	<b>cuantitativa</b>
	DQO (Demanda química de Oxígeno).	mg/L	<b>cuantitativa</b>
	Análisis Químico de agua y lodo residual.	mg/L	<b>cuantitativa</b>
	Análisis Físico del agua y lodo residual.	mg/L	<b>cuantitativa</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 1.2.4. Interrogantes básicas:

##### 1.2.4.1. Interrogante principal:

1.2.4.1.1. ¿Cuáles es la relación de los valores de las características de las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente, Arequipa 2015?

##### 1.2.4.2. Interrogantes alternativas:

1.2.4.2.1. ¿Cuál es la relación de los valores de DBO (Nitrogenacea) en las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente considerando, Arequipa 2015?

1.2.4.2.2. ¿Cuál es la relación de los valores de DQO (Demanda Bioquímica de oxígeno) en las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente considerando, Arequipa 2015?

1.2.4.2.3. ¿Cuál es la relación de los valores del Análisis Químico del Agua y lodo residual en las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente considerando, Arequipa 2015?.

1.2.4.2.4. ¿Cuál es la relación de los valores del Análisis Físico del Agua y lodo residual en las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente considerando, Arequipa 2015?

1.2.4.2.5. ¿Cuáles son las medidas más convenientes para mejorar las características de las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. con respecto a los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente, Arequipa 2015?

### **1.2.5. Objetivos de la investigación:**

#### **1.2.5.1. Objetivos generales:**

- Determinar la relación de los valores de las características de las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente, Arequipa 2015.

#### **1.2.5.2. Objetivos específicos:**

- Determinar la relación de los valores de DBO (Nitrogenacea) en las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente considerando, Arequipa 2015.
- Determinar la relación de los valores de DQO (Demanda Bioquímica de oxígeno) en las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente considerando, Arequipa 2015.
- Determinar la relación de los valores del Análisis Químico del Agua y lodo residual en las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente considerando, Arequipa 2015.

- Determinar la relación de los valores del Análisis Físico del Agua y lodo residual en las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. y los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente considerando, Arequipa 2015.
- Determinar las medidas más convenientes para mejorar las características de las emisiones de los efluentes de la Clínica Odontológica de la U.C.S.M. con respecto a los Valores Máximos Admisibles según la normatividad vigente, Arequipa 2015.

#### 1.2.6. Tipo de investigación:

- TIPO: Observacional, prospectivo, longitudinal y analítico
- NIVEL: Relacional
- Comentario: **Es Observacional** porque el investigador no interviene; se limita a medir las variables, **Es Longitudinal**, porque se desarrolla en un periodo de tiempo, no correlación entre variables. **Es Prospectivo** el investigador define una muestra de individuos que todavía no han presentado el desenlace de interés, considera el presente y el futuro no el pasado, se hace seguimiento con exámenes periódicos para determinar causa efecto y medir los resultados, existe mayor control sobre la selección de las muestras y las mediciones **Es Analítico** debido a que se establecen relaciones entre las variables, **Nivel Relacional** no hay relación de dependencia, no es un estudio de causa efecto, solo demuestra dependencia probabilística entre eventos.

### 1.3. Justificación del Problema:

El saneamiento ambiental, es un tema importante para la Gestión Ambiental ha cobrado un nuevo empuje con el crecimiento de la población, en especial en el área urbana. Este factor determina la acumulación de residuos contaminantes y es necesario diseñar una estrategia adecuada de la redistribución de estos.

Vale recordar que el manejo de efluentes sanitarios es un tópico especial, ya que su composición es diferente a los otros tipos de efluentes (domésticos, industriales etc.). Teniendo en cuenta esto, es que SEDAPAR por medio del **D.S. N° 021-2009-VIVIENDA: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) DE LAS DESCARGAS GENERADAS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO D.S. N° 021-2009-VIVIENDA Art. 1° FINALIDAD, ÁMBITO Y OBLIGATORIEDAD DE LA NORMA**, se regula la fiscalización de dichas emisiones en todas las instituciones públicas y privadas, siendo necesario un el presente estudio para hacer un diagnóstico adecuado de la U.C.S.M.

El investigador propone en el presente trabajo adicionalmente, el uso de un Modelo de Predicción de emisiones para la Clínica Odontológica, para poder comprender mejor la magnitud del problema y así tener más armas para la toma de decisiones administrativas más convenientes.



## 2. MARCO CONCEPTUAL:

### 2.1 Efluentes:

#### 2.1.1 Definición:

Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a éstas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

Los productos tóxicos presentes en los efluentes son muy variados, tanto en tipo como en cantidad, y su composición depende de la clase de efluente que los genera. Muchos de estos efluentes son emitidos a temperaturas superiores a la normal, constituyendo este factor un elemento más de contaminación.

#### 2.1.2 Clasificación de efluentes:

Los desechos que contienen los efluentes pueden ser de naturaleza química y/o biológica. En términos generales, los principales componentes de los efluentes según su origen son:

- Industria metalúrgica: metales tales como cobre, níquel, plomo, zinc, cromo, cobalto, cadmio; ácidos clorhídricos, sulfúricos y nítricos; detergentes.
- Industria papelera: sulfitos, sulfitos ácidos, materia orgánica, residuos fenólicos, cobre, zinc, mercurio.
- Industria petroquímica: hidrocarburos, plomo, mercurio, aceites, derivados fenólicos y nafténicos, residuos semisólidos.
- Industrias de la alimentación: nitritos, materia orgánica, ácidos, microorganismos, etc.

- Industrias textiles: sulfuros, anilinas, ácidos, hidrocarburos, detergentes.
- Industrias del cuero (curtiembres): cromo, sulfuros, compuestos nitrogenados, tinturas, microorganismos patógenos.
- Industrias químicas (en general): amplia variedad de ácidos orgánicos e inorgánicos, sales, metales pesados.
- Instalaciones sanitarias: microorganismos, jabones, detergentes.

### 2.1.3 Caracterización de aguas residuales:

La generación de aguas residuales es una descarga inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora.

Dadas las características y variaciones en la descarga de aguas residuales, A. R., al sistema de alcantarillado, el tipo o sistema de alcantarillado usado, la diferencia en las costumbres de la comunidad aportante, el régimen de operación de las industrias servidas, el clima etc., los caudales de aguas residuales oscilan ampliamente durante el año, cambian de un día a otro y fluctúan de una hora a otra. Todos los factores anteriores, entre otros, deben tenerse en cuenta en la predicción de las variaciones del caudal y, por consiguiente, de la concentración de las aguas residuales afluentes a una planta de tratamiento.

El caudal promedio de A.R. fue de 320 L/cd. Los caudales mínimos ocurren durante las primeras horas de la mañana, entre las 2:00 y las 5:30; durante dichas horas el consumo es mínimo y el flujo es básicamente por infiltración y pequeñas cantidades de Aguas Residuales. El caudal máximo ocurre entre las 7:00 y las 10:00 cuando se presenta el consumo máximo; existe, además, un segundo caudal

máximo entre las 15:00 y las 16:00 horas. Entre las 7:00 y las 19:00 el caudal de A.R. es mayor que el caudal promedio y, durante la noche, el caudal es menor del caudal promedio.

Cuando la infiltración es alta o existen conexiones de aguas lluvias, el régimen de lluvias puede influir notablemente sobre el caudal y por ende sobre las características del Aguas Residuales. El conocimiento de las cargas hidráulicas, de DBO y otros contaminantes, es esencial para evaluar los factores de diseño y operación de una planta de tratamiento. Generalmente las variaciones de DBO siguen las de caudal, pero deben determinarse en cada caso particular. (Romero., 2013).

En alcantarillados combinados se presenta una mayor concentración de material inorgánico que en alcantarillados sanitarios o separados, debido a la introducción de aguas lluvias, asimismo, las variaciones de caudal y de concentración del A.R. son más extremas.

### **2.1.3.1 Acidez**

La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa de neutralizar una base fuerte a un pH de 8.3: la titulación con NaOH mide la concentración de ácidos minerales como el ácido sulfúrico, de CO<sub>2</sub> disuelto y de sales de hidrólisis acida. (Romero., 2013)

La acidez se origina en la disolución de CO<sub>2</sub> atmosférico, en la oxidación biológica de la materia orgánica o en la descarga de aguas residuales industriales. Su efecto corrosivo en aguas residuales es de gran importancia, así como su efecto posible destructor o alterador de la flora y fauna de fuentes receptoras. Algunos residuos industriales, por su alto

Contenido de acidez mineral, pueden requerir pre tratamientos de neutralización antes del tratamiento biológico.

### 2.1.3.2 Carbono orgánico total, COT.

Prueba instrumental para medir la cantidad total de carbono en Aguas Residuales. Es otro medio para determinar la materia orgánica presente en el agua y un ensayo de ejecución rápida, si se posee el equipo requerido; el cual es muy costoso. El ensayo consiste en la inyección de una cantidad conocida de muestra en un horno de alta temperatura o en un medio químicamente oxidante para oxidar el carbono orgánico en dióxido de carbono, en presencia de un catalizador. El dióxido de carbono producido se mide mediante un analizador infrarrojo. Cuando existen compuestos orgánicos resistentes a la oxidación, el valor del COT es menor que el valor real. Las aguas residuales domesticas crudas generalmente contienen COT de 80 – 290 mg/L – C y la relación DBO/COT varía entre 1.0 a 1.6. (Romero., 2013)

### 2.1.3.3. Demanda bioquímica de oxígeno.

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Cuando se refiere a la demanda bioquímica de oxígeno requerida para oxidar todo el material orgánico carbonáceo biodegradable, se denomina demanda bioquímica ultima de oxígeno carbonáceo, DBOUC. En condiciones normales de laboratorio está demanda se cuantifica a 20°C y el ensayo estándar se realiza a 5 días de la incubación y se conoce convencionalmente como DBO con valores numéricos expresados generalmente en mg/L – O<sub>2</sub>. (Romero., 2013)

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseño de unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. ((AWWA)., 1998)

La formulación matemática de la DBO carbonácea fue hecha por Streeter y Phelps con base en la empírica de Theriault de que la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica biodegradable presente; es decir, obedece una ecuación de primer orden. Matemáticamente se tiene (Romero., 2013):

$$\frac{dL_t}{dt} = -K L_t$$

donde:  $L_t$  = DBO remanente en el agua para el tiempo  $t$ , mg/L

$K$  = constante que expresa la tasa de oxidación,  $d^{-1}$

$t$  = tiempo de oxidación,  $d$

$\frac{dL_t}{dt}$  = tasa de oxidación de la materia orgánica carbonácea, mg/L.d

Integrando la ecuación anterior se obtiene:

$$\frac{L_t}{L} = e^{-Kt} = 10^{-kt}$$

Donde:  $L$  = DBO remanente en el agua para el tiempo

$t = 0$  o DBOUC.

$$K = 2.303 \times k$$

La DBO remanente para cualquier tiempo  $t$  es igual a:

$$L_t = Lx e^{-Kt} = Lx 10^{-kt}$$

La DBO ejercida en cualquier tiempo  $t$  es:

$$y = L - L_t = L - Lx e^{-Kt} = L - Lx 10^{-kt}$$

$$y = L (1 - e^{-Kt}) = L (1 - 10^{-kt})$$

la expresión usual de la DBO, donde,

$y$  = DBO ejercida por el agua después de un tiempo  $t$ , mg/L

$L$  = DBOUC, mg/L, o DBO remanente en el agua para  $t = 0$

$K$  = constante de velocidad de reacción de la DBO, base natural,  $d^{-1}$

$k$  = constante de velocidad de reacción de la DBO, base decimal,  $d^{-1}$

$t$  = tiempo de reacción,  $d$

*La DBO estándar, DBO<sub>5</sub> o simplemente DBO es igual a:*

$$y_5 = L(1 - e^{-5K}) = L(1 - 10^{-5k})$$

Evidentemente, la DBOUC es igual a la DBO satisfecha más la DBO remanente:

$$L = y + L_t$$

Además, la fracción remanente para cualquier tiempo  $t$  será:  $\frac{L_t}{L}$  y la

fracción oxidada será:  $1 - \frac{L_t}{L}$

La oxidación bioquímica es un proceso lento que requiere, matemáticamente, un tiempo infinito para su culminación. A 20°C, valores típicos de  $K$  y  $k$  son respectivamente 0.23 y 0.10  $d^{-1}$ , para aguas residuales domésticas. Sin embargo, los valores de  $K$  pueden variar entre 0.05 y 0.3  $d^{-1}$

**TABLA 01: VALORES TÍPICOS DE  $K$ ,  $k$  Y  $L$**

Tipo de agua residual	$k$ , $d^{-1}$	$k$ , $d^{-1}$	$L$ , mg/L
Doméstica débil	0.152	0.35	150
Doméstica fuerte	0.168	0.39	250
Efluente primario	0.152	0.35	75-150
Efluente secundario	0.05-0.10	0.12-0.23	10-75

Fuente: ((AWWA)., 1998)

Para determinar el valor de la constante de reacción  $K$  a una temperatura diferente de 20 °C se utiliza la ecuación deducida de la relación clásica de Van't Hoff Arrhenius:

$$K_T = K_{20} \theta^{T-20}$$

Donde:  $K_T$  = constante de reacción de la DBO para T °C

$K_{20}$  = constante de reacción de la DBO para 20 °C

$\theta$  = coeficiente de temperatura 1.135 para T = 4 – 20 °C

1.056 para T = 20 – 30 °C

1.047 para T > 20 °C

$T$  = temperatura dada, °C

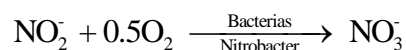
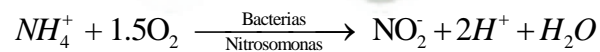
Para una misma DBOUC, el consumo de oxígeno es función del tiempo de reacción y del valor de K.

#### 2.1.3.4. DBO nitrogenéa.

La descomposición de la materia orgánica, especialmente la hidrólisis de las proteínas, produce material no carbonáceo como el amoníaco. Este material, nitrógeno amoniacal, es oxidado por las bacterias nitrificantes en nitrito y nitrato, causando una demanda de oxígeno conocida como demanda bioquímica de oxígeno nitrogenéa, DBON (Romero., 2013).

En un cultivo mixto, como el usado normalmente para determinar DBO, se tiene generalmente una población de bacterias nitrificantes baja, porque la tasa de reproducción de las bacterias nitrificantes es lenta, normalmente de 6 a 10 días; sin embargo, en efluentes de plantas de tratamientos de aguas residuales existe una población de bacterias nitrificantes suficientes de la DBOC. La interferencia causada por la demanda adicional de oxígeno de las bacterias nitrificantes se elimina mediante pretratamiento de la muestra o por medio de agentes inhibidores. En general, se ha afirmado que las bacterias comunes del agua residual tienen un tiempo de generación de 7 horas y que las bacterias nitrificantes, por otra parte, tienen un crecimiento mucho más lento y su tiempo de generación es mayor de 8 días (Romero., 2013).

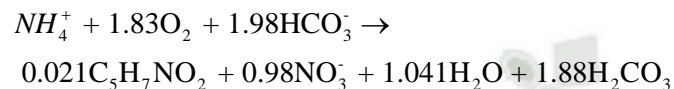
Los recursos de oxígeno requerida para satisfacer la DBON puede determinarse utilizando los análisis de las diferentes formas del nitrógeno y usando las relaciones siguientes:



Mediante las reacciones anteriores, las bacterias nitrificantes obtienen la energía para su sostenimiento y crecimiento celular.



De acuerdo con las relaciones estequiometrias anteriores se requieren 4.57 mg/L – O<sub>2</sub> para oxidar un mg/L de nitrógeno amoniacal expresado como N y se consumen 7.14 mg/L de alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>. Otra ecuación usada para cuantificar la DBON, incluyendo la síntesis celular bacteriana, es la siguiente:



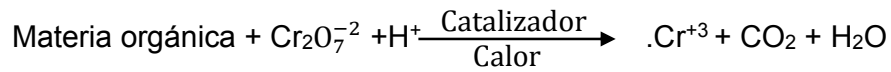
Esta ecuación indica que se requieren 4.3 mg/L – O<sub>2</sub> para oxidar un mg/L de nitrógeno amoniacal expresado como N y que se consumen 8.6 mg/L – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> por mg/L de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N oxidado o sea 7.1 mg/L de alcalinidad – CaCO<sub>3</sub>.

Las bacterias nitrificantes son organismos muy sensibles que ven afectada su actividad por diferentes inhibidores; requieren generalmente pH entre 7.5 a 8.6 y oxígeno disuelto mayor de 1 mg/L. Alternativamente, la DBON se puede calcular, en forma similar a la DBOC, suponiendo una cinética de primer orden.

#### 2.1.3.5. Demanda química de oxígeno (DQO):

La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general bicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata. Compuestos inorgánicos que interfieren con el ensayo, como los cloruros, pueden causar resultados erróneos de DBO. La interferencia por cloruros se elimina agregando sulfato mercúrico para formar HgCl<sub>2</sub> y prevenir el consumo de bicromato por el ion cloruro ((AWWA), 1998).

La reacción principal puede representarse de la manera siguiente:



La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica y se puede realizar en sólo unas tres horas.

La interpretación correcta de los resultados de demanda de oxígeno, para la oxidación de la materia, orgánica, mediante DBO o DQO, es problemática por los diferentes factores y variables que afectan dichos ensayos. En general, se espera que la DQO sea aproximadamente igual a la DBO última; pero, especialmente en aguas residuales industriales, existen factores que hacen que dicha afirmación no se cumpla (Romero., 2013). Dichos factores son:

1. Muchos compuestos orgánicos oxidables por dicromato no son oxidables biológicamente.
2. Ciertos compuestos inorgánicos como los sulfuros, sulfitos, tiosulfatos, nitritos y hierro ferroso son oxidados por dicromato e introducen una DQO inorgánica en el resultado del ensayo.
3. La DBO está sujeta a error cuando se usan simientes bacteriales no aclimatadas adecuadamente al residuo.
4. Ciertos compuestos orgánicos como los hidrocarburos aromáticos y la piridina no son oxidados por el dicromato.
5. Para concentraciones de cloruros mayores de 1 g/L se debe ejecutar el ensayo con un testigo de concentración de cloruros igual a la de la muestra.
6. El tiempo de reflujo debe ser siempre dos horas, puesto que el resultado de la DQO es función del tiempo de digestión.

Las aguas residuales domésticas crudas tienen DQO promedio de 250 a 1.000 mg/L, con relaciones de DQO/DBO que generalmente varían entre 1, 2 y 2, 5.

### 2.1.3.6. Demanda teórica de oxígeno

Cuando se conoce la fórmula química de la materia oxidable del agua residual, es posible cuantificar estequiométricamente la demanda teórica de oxígeno (DTO). El procedimiento básico es suponer la ocurrencia de las siguientes reacciones químicas (Romero., 2013):

1. El carbono es oxidado en  $\text{CO}_2$ . ( $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ )
2. El nitrógeno orgánico es convertido en amoníaco. ( $\text{N}_{\text{org.}} \rightarrow \text{NH}_3$ )
3. El amoníaco es oxidado en nitritos y nitratos. ( $\text{N}^{-3} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{N}^{+5}$ )
4. El azufre o sulfuros es oxidado a sulfatos. ( $\text{S}^= + 2\text{O}_2 = \text{SO}_4$ )
5. El fósforo es oxidado en fosfatos. ( $\text{P} + 2\text{O}_2 = \text{PO}_4^{-3}$ )
6. El hidrógeno es convertido en agua. ( $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ )

La DTO es la sumatoria del oxígeno requerido para la oxidación de cada componente.

### 2.1.3.7. Grasas y aceites

Se definen como sustancias solubles en hexano, cuando el ensayo se realiza por extracción con hexano. En la técnica actual el ensayo se realiza por extracción con freón. Se consideran grasas y aceites los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar. Generalmente provienen de la mantequilla, manteca, margarina, aceites vegetales, hidrocarburos y carnes. Los aceites y grasas de origen vegetal y animal son comúnmente biodegradables y, aun en forma emulsificada, pueden tratarse en plantas de tratamiento biológico. Sin embargo, cargas altas de grasas emulsificadas como las provenientes de mataderos, frigoríficos, lavanderías y otras industrias causan serios problemas de mantenimiento en las plantas de tratamiento. Los aceites y grasas de origen mineral pueden ser no biodegradables y requieren pretratamiento para ser removidos antes del tratamiento biológico. Sin

embargo, no existe un método que permita distinguir las grasas y aceites vegetales o animales de las de origen mineral, aunque existe el procedimiento para diferenciar entre grasas y aceites polares y no polares ((AWWA)., 1998).

#### 2.1.3.8. Metales pesados:

No existe una definición única de metales pesados que permita enumerarlos y clasificarlos. 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 metales pesados se incluyen la plata, bario, cadmio, cromo, cobre, cobalto, níquel, plomo, zinc, hierro, mercurio, titanio, vanadio, niobio, molibdeno y manganeso.

Los metales pesados, en altas concentraciones, son todos tóxicos, aunque algunos de ellos, como el cobre, zinc y molibdeno, son esenciales a los organismos vivos. El mercurio, cadmio y plomo son, en general, tóxicos y reciben gran atención por ser elementos que se magnifican biológicamente, en el medio natural, a través de la cadena alimenticia. Especial interés recibe la descarga de mercurio metálico, en algunos procesos de fabricación de cloro, por su conversión en metil-mercurio, - concentración en peces y transmisión a los seres humanos, con graves efectos sobre la salud. El mercurio elemental es inocuo, a menos que se vaporice y se inhale directamente dentro de los pulmones. Las formas tóxicas del mercurio, por ingestión, son el metil mercurio ( $\text{CH}_3 \text{Hg}^+$  y  $\text{CH}_3 \cdot \text{Hg} \cdot \text{CH}_3$ ) y sus sales inorgánicas, especialmente el cloruro mercúrico ( $\text{Hg Cy}$ ). El metil mercurio pueden formarlas las bacterias en los sedimentos y en aguas acidas. El mercurio inorgánico ionizado es muy tóxico. El mercurio elemental tiene un

tiempo de residencia corto en el cuerpo, pero el metil mercurio permanece en el cuerpo por períodos diez veces mayores que el mercurio metálico, produciendo trastornos cerebrales, nerviosos, del riñón, del hígado y defectos de nacimiento. El metil mercurio se acumula en la cadena alimenticia. Los compuestos de fenil mercurio ( $C_6H_5Hg^+$  y  $C_6H_5 \cdot Hg \cdot C_6H_5$ ) son moderadamente tóxicos, con tiempos de retención cortos en el cuerpo, pero que se transforman rápidamente en el ambiente para dar origen a mercurio inorgánico ((AWWA)., 1998).

Algunos residuos industriales pueden contener concentraciones apreciables de metales pesados y requerir pretratamiento para permitir su descarga al alcantarillado municipal y posterior tratamiento conjunto con las aguas residuales municipales; en general se considera tóxica para el tratamiento biológico una concentración de metales pesados mayor de 2 mg/l/. Sin embargo, ensayos realizados en lagunas de estabilización de climas cálidos han demostrado que las lagunas soportan concentraciones altas de metales pesados, hasta de 60 mg/L, y 12 mg/L de cada uno de los metales siguientes: cadmio, cromo, cobre, níquel y zinc.

#### 2.1.3.9. pH

Medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrógeno. Aguas residuales en concentración adversa del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de seis, en tratamiento biológico, favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias. A pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, porque predomina el HOC1; a pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica ( $NH_3$ ), la cual es tóxica, pero también removible mediante arrastre con aire, especialmente a pH de 10, 5 a 11, 5. El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia

de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6, 5 a 8, 5 (Romero., 2013).

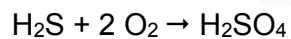
Para descarga de efluentes de tratamiento secundario se estipula un pH de 6, 0 a 9, 0; para procesos biológicos de nitrificación se recomiendan valores de pH de 7, 2 a 9, 0 y para desnitrificación de 6, 5 a 7, 5. En lagunas de estabilización las algas usan dióxido de carbono para su actividad fotosintética y esto puede dar como resultado aguas de pH alto, especialmente en aguas residuales de baja alcalinidad. En muchos casos las algas utilizan el ion bicarbonato como fuente de carbono celular y pueden, también, presentarse variaciones diurnas fuertes de pH. En aguas residuales duras, cuando el pH aumenta, puede predominar la alcalinidad por carbonates e hidróxidos y producirse la precipitación del carbonato de calcio, lo cual impide que el pH siga aumentando.

Entre las reacciones que ocurren en sistemas biológicos y producen disminución de pH se tienen:

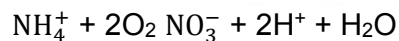
- Destrucción de alcalinidad cáustica por producción bioquímica de  $\text{CO}_2$ :



- Oxidación bioquímica de sulfuros:



- Nitrificación:



- Producción de ácidos orgánicos

A la vez, la oxidación bioquímica de ácidos orgánicos y la destrucción de sales de ácidos orgánicos producen incrementos de pH.

#### **2.1.4. Distribución de agua y sistemas de recolección de efluentes**

Antes del diseño de un sistema de distribución de agua o de recolección de efluentes, una investigación completa del área de servicio propuesta se lleva a cabo. Parte de esta investigación incluye la previsión de la demanda de agua a través del área de servicio como se analizó previamente. Otros factores como el material de la tubería, la ubicación de accesorios (pozos de visita, uniones, entradas y otras estructuras), la colocación de hidrantes, tipo y ubicación de válvulas, diseños y ubicaciones de estaciones de bombeo y locaciones de almacenamiento de agua todas necesarias para ser determinadas e integradas al diseño de un sistema eficiente de trabajo.

##### **2.1.4.1. Disposición del Sistema**

Un sistema de distribución de aguas y un sistema de recolección de efluentes, duales pueden llevar agua. Sin embargo, lo hacen de una forma muy diferente. Generalmente, la tubería está ubicada debajo o junto a las carreteras de uso público o a través de tierras con utilidad de paso. Es una práctica común para las tuberías de aguas residuales estar al menos a 10 pies de, y a 18 pulgadas debajo, de las líneas de servicio de aguas, para minimizar la posible contaminación de agua potable (Hammer y Hammer 1996). Los grandes sistemas de tuberías están conectados a cada usuario mediante pequeñas tuberías laterales o de provisión. La capacidad de la tubería se debería diseñar para cumplir las necesidades del usuario sin costos excesivos. Los usuarios entonces no deberían darse cuenta o tenerse que preocupar acerca de un sistema bien diseñado y bien mantenido.

Un sistema de distribución de aguas tiene una disposición que contiene muchas curvas en las que el flujo presurizado sucede a través del sistema. Para los sistemas grandes, muchos subsistemas entrelazados están conectados con fuerzas principales de tuberías o líneas de transmisión grandes. Estos entrelazados permiten que el agua sea administrada a los usuarios mediante muchas rutas diferentes.

Cuando la demanda en una locación específica es alta, como durante una emergencia de incendio, el agua necesita ser entregada a dicha locación tan eficientemente como sea posible. Los hidrantes se colocan a lo largo de las carreteras en intersecciones y espaciados para que el personal de incendios pueda obtener agua de múltiples hidrantes en caso necesario. También, muchas válvulas de cierre están colocadas a través del sistema.

Así, si sucede un rompimiento o se agenda mantenimiento, el aislar el área problema mediante el uso de válvulas de cierre minimizará el número de usuarios que se quedarán sin agua. Si se diseña correctamente, un sistema de distribución de aguas deberá proporcionar el agua necesaria para una variedad de escenarios de demanda con la presión adecuada y la buena calidad del agua a través de todo el sistema.

Un sistema de recolección de aguas residuales tiene una disposición que es ramificada (o dendrítica) con muy pocos entrelazados o sin ellos. La mayor parte del tiempo, el agua residual fluye por la gravedad en una dirección. Las tuberías más pequeñas están ubicadas al “final” de las ramificaciones y se agrandan progresivamente mientras que el agua residual fluye hacia la planta de tratamiento. Debido a que el agua residual fluye por la gravedad, una pendiente adecuada de la tubería

se debe mantener a través del sistema. Puede haber secciones en donde el agua residual es bombeada en una fuerza principal para levantar el agua residual a una elevación más alta para otra vez fluir por la gravedad, o para forzar el agua residual colina arriba debido a la topografía. Generalmente los pozos de visita se colocan en cada cambio de diámetro de tuberías, cambio de pendiente, uniones (dos o más tuberías uniéndose) y finales de tubería de corriente arriba. Los pozos de visita están espaciados a no más de 300 a 500 pies' (90 a 150 m) entre cada uno para proporcionar suficientes puntos de entrada para su mantenimiento (ASCE, 2007).

#### **2.1.4.2. Velocidades de flujo de diseño y tamaño de las tuberías**

El análisis de flujo de agua en tuberías está basado en la conservación de masa, la conservación de energía y la conservación del impulso. El flujo del fluido en las tuberías puede clasificarse como tubería completa (flujo de presión) o canal abierto (flujo de gravedad). En ambos casos, el software de modelado se utiliza para analizar el flujo en tuberías para los sistemas de distribución de agua y de recolección de aguas residuales.

Las condiciones de flujo de presión se encuentran en los sistemas de distribución de agua en donde el agua entregada debe tener la capacidad y la presión para cumplir con las necesidades del usuario. La velocidad de diseño de agua en una tubería está típicamente entre 2.0 pie/s (0.6 m/s) hasta 10 pie /s (3.1 m/s) para las condiciones de flujo de pico. Las velocidades más pequeñas dan tamaño a las tuberías para ser más grandes de lo que es en realidad económicamente necesario. Las velocidades más altas provocan excesiva pérdida de carga a través

del sistema y a incrementar el potencial para los transitorios del agua (por ejemplo, el golpe de ariete).

En las comunidades habitacionales es necesario mantener una presión mínima para cada usuario que permita el uso "normal" del agua cuando más de un dispositivo que utiliza agua está en servicio en el segundo piso. También, la presión en la vivienda no deberá exceder de 80 lb /pulg<sup>2</sup>; de otra manera, el potencial para fugas dentro de casa se incrementa, los flujos excesivos en las regaderas y las llaves podrían tener lugar y la válvula de liberación de presión de agua caliente podría descargarse.

Las condiciones de canal abierto son comúnmente encontradas en los sistemas de recolección de aguas residuales en donde el agua fluye por gravedad. Debido a que la tubería tiene tamaño para las condiciones infrecuentes de alto flujo, las tuberías sólo se llenan parcialmente la mayor parte del tiempo. Durante las condiciones de bajo flujo, esto provoca que la velocidad del agua residual sea muy pequeña para mover sólidos, la cual puede entonces depositarse en la alcantarilla.

Es una práctica usual la de diseñar pendientes de alcantarillas para que la mínima velocidad de tubería llena sea de 2.0 pie/s (0.6 m/s) o más para asegurar que los sólidos sean removidos durante las horas de flujo pico del día. También, es una práctica común que la velocidad máxima sea alrededor de 10 pie/s (3.0 m/s) para evitar el daño a la alcantarilla (ASCE, 2007) y provocar "rocío de alcantarilla" excesivo en los pozos de visita. Sin embargo, para las secciones simples de tubería larga con pozos de visita derechos, las velocidades más altas (15 a 20 pie/s) se pueden tolerar (Walski et al., 2004).

La siguiente ecuación se puede utilizar para hacer un cálculo inicial de un tamaño de tubería con base en la velocidad de flujo de diseño en la tubería completa y el diseño que lleva capacidad (diseño de flujo pico):

$$D = k\sqrt{\frac{Q}{v}}$$

En donde:

- D es el diámetro de la tubería (pulg, mm)
- Q es la tasa de flujo de diseño (gpm, L/s)
- v es la velocidad de diseño (pie/s, m/s)
- k representa una constante que es 0.64 para las unidades acostumbradas en Estados Unidos o 35.7 para unidades SI.

Por ejemplo, si el rango de flujo de diseño es de 6 000 gpm (380 L/s) y el diseño de velocidad es de 5 pie/ s (1.5 m/s), entonces el diámetro de tubería estimado sería de 22.2 pulg (568 mm). El siguiente tamaño nominal de tubería más grande sería seleccionado como un punto de inicio; en este caso, una tubería de 24 pulg (600 mm). Entonces un modelo se utilizaría para evaluar si está tubería es la mejor opción para una variedad de diferentes escenarios.

### 2.1.5. Visión general de los procesos de tratamiento de aguas

El tratamiento de las aguas residuales principalmente requiere de la eliminación de materia en partículas y patógenos. El remover las partículas también ayuda a la eliminación de patógenos, debido a que la mayoría de los patógenos o son partículas están asociados con ellas.

Si la fuente de agua contiene constituyentes disueltos, entonces se pueden añadir procesos de unidad adicionales para también eliminarlos. Los procesos de membrana ahora se utilizan ampliamente para el

tratamiento de agua potable, un diagrama esquemático para el tratamiento de agua residual. Este proceso de tratamiento se hará más importante en el futuro ya que el incremento en la población y la demanda, junto con el cambio climático, fuerza a la sociedad a buscar aguas de más baja calidad. Estas fuentes algunas veces son altas en sólido, totales disueltos (TDS) y están presentes como agua subterránea salobre, agua de mar y agua regenerada.

### **2.1.5.1. Coagulación y floculación**

El método más común utilizado para remover las partículas y una porción de materia orgánica disuelta es la combinación de coagulación y floculación seguida por la sedimentación o la filtración. La coagulación es un paso de neutralización de carga que involucra el acondicionamiento de la materia suspendida, coloidal y disuelta al añadir coagulantes. La floculación involucra la agregación de partículas desestabilizadas y la formación de partículas más grandes conocidas como floculo.

#### **1. Eliminación y estabilidad de partículas**

La carga de la superficie es la contribución primaria para la estabilidad de las partículas. Las partículas estables son propensas a permanecer suspendidas en solución (y medidas como turbiedad o TSS). Los coloides suspendidos y las partículas finas son relativamente estables y no pueden flocular y asentarse en un periodo razonable. La estabilidad de las partículas en aguas naturales principalmente depende del balance de las fuerzas de repulsión y de atracción entre las partículas. La mayoría de las partículas en las aguas naturales tienen carga negativa, y existe una fuerza electrostática repulsiva entre las partículas de la misma carga.

Al contrarrestar estas fuerzas de repulsión se encuentran las fuerzas de atracción entre las partículas conocidas como fuerzas de

van der Waals. La energía potencial de las fuerzas de repulsión electrostáticas y las fuerzas de atracción de van der Waals combinadas están relacionadas con la distancia entre dos partículas. Debido a que la fuerza de atracción neta es muy débil en distancias grandes, la floculación generalmente no sucederá. A distancias muy cortas, existe una barrera de energía, y la cinética que sale del movimiento browniano de las partículas no es lo suficientemente alta como para vencer la barrera de energía. Después de que se añade un coagulante, las fuerzas de repulsión se reducen, las partículas se unirán y ocurrirá la floculación rápida.

## **2. Coagulantes químicos**

Un coagulante es el químico que se añade para desestabilizar partículas y lograr la coagulación. La selección del coagulante apropiado depende de:

- Las características del coagulante
- La concentración y el tipo de partículas
- La concentración y las características de la NOM
- La temperatura del agua
- La calidad del agua (por ejemplo, el pH)
- El costo y la disponibilidad
- Características de deshidratación de los sólidos que se producen

**TABLA 02: MECANISMOS DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN**

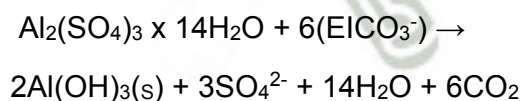
<p>Comprensión de la doble capa eléctrica (EDL)</p>	<p>La mayoría de las partículas en el agua tienen una carga de superficie neta negativa. La doble capa eléctrica (EDL) consiste de una capa de cationes y aniones que se extienden hacia la solución. Cuando la fuerza iónica es alzada, la EDL se encoge (las fuerzas de repulsión se reducen).</p>
<p>Neutralización de carga</p>	<p>Debido a que la mayoría de las partículas que se encuentran en las aguas naturales tienen carga negativa en los pH neutrales, pueden desestabilizarse mediante adsorción o cationes con carga positiva o polímeros como sales metálicas hidrolizadas y polímeros orgánicos catiónicos. La dosis (en mg/L) de dichas sales o polímeros es crítica para procesos de floculación subsecuentes. Con la dosis apropiada, la carga será neutralizada y las partículas se unirán. Sin embargo, si la dosis es muy alta, las partículas, en vez de neutralizarse, adquirirán una carga positiva y se volverán nuevamente estables.</p>
<p>Adsorción y puenteo entre partículas</p>	<p>Con la adición de polímeros no iónicos y polímeros de cadena grande con carga baja de superficie, una partícula puede ser absorbida en la cadena, y el resto del polímero puede absorberse en sitios de la superficie de otras partículas disponibles. Esto resulta en la formación de un puente entre las partículas. Otra vez, existe una dosis óptima (en mg/L) del polímero no iónico. Si se añade demasiado polímero, las partículas se enredarán en una matriz de polímero y no flocularán.</p>
<p>Precipitación y enredo</p>	<p>El enredo (también referido como flóculo barrido) sucede cuando una dosis suficientemente alta de aluminio (y sales de hierro) se añade y forman varios polímeros hídricos que se precipitarán de la solución. A medida que el precipitado amorfo se forma, la materia de partículas es atrapada dentro del flóculo y se barre del agua con el flóculo estabilizante. Este mecanismo predomina en las aplicaciones de tratamiento de agua en donde el aluminio o las sales de hierro se usan a altas concentraciones y el pH se mantiene casi neutral.</p>

Fuente: (Romero., 2013)

Los coagulantes naturales se promueven en muchas partes del mundo debido a que se consideran renovables, pueden utilizarse como alimento) combustible, y su producción se basa en los materiales y el trabajo local.

Los ayudantes de coagulante y floculante son sustancias que mejoran los procesos de coagulación y floculación. Los ayudantes de coagulantes son típicamente materiales de partículas insolubles como arcilla, diatomita, Carbono activado en polvo o arena fina, que forman sitios nucleantes para la formación de flóculos más grandes. Se utilizan en conjunto con los coagulantes primarios. Los ayudantes de floculantes como los polímeros aniónicos y no iónicos se utilizan para reforzar los flóculos. Se añaden después de la adición de coagulantes y la desestabilización de las partículas.

El coagulante más comúnmente utilizado es el alumbre (peso molecular de 594 g/mol). La adición de  $\text{Al}^{3+}$  en forma de alumbre (o  $\text{Fe}^{3+}$  en la forma de sales de hierro como  $\text{FeCl}_3$ ) a concentraciones más grandes que sus límites de solubilidad resultan en la formación del precipitado de hidróxido que es típicamente utilizado en el modo de operación de flóculo barrido. La reacción estequiométrica total por la adición de alumbre en la formación de un precipitado de hidróxido es la que sigue:



En esta ecuación, la alcalinidad (expresada como  $\text{HCO}_3^-$ ) se consume con la adición de alumbre. Esto es debido a que el alumbre y las otras sales de hierro son ácidos débiles. Basándose en la estequiometría,

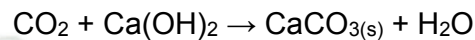
1 mg/L de alumbre consumirá aproximadamente 0.50 mg /L de alcalinidad (como  $\text{CaCO}_3$ ). Si la alcalinidad natural del agua no es suficiente, puede ser necesario añadir cenizas de cal o sosa ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) para reaccionar con el alumbre para mantener el pH en el rango apropiado. El rango de pH para la región operativa del alumbre es 5.5 a 7.7 y para las sales de hierro es 5 a 8.5.

### 2.1.5.2. Eliminación de la dureza del agua

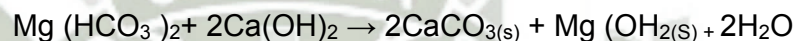
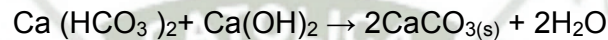
La dureza del agua es provocada por cationes bivalentes, principalmente los iones de calcio y magnesio ( $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ). Cuando el  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  se asocian con aniones de alcalinidad (por ejemplo,  $\text{HCO}_3^-$ ), la dureza se define como dureza carbonatada. El término dureza no carbonatada se utiliza si el  $\text{Ca}^{2+}$  y el  $\text{Mg}^{2+}$  se asocian con aniones sin alcalinidad (por ejemplo,  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Los agentes complejos se pueden añadir para prevenir que los cationes bivalentes se precipiten o que la dureza se pueda eliminar. En la figura 10.10 se muestra un diagrama de proceso de flujo para un proceso de ablandamiento con cenizas de cal-sosa en exceso de dos etapas. La cal se vende comercialmente en forma de cal viva (90% de  $\text{CaO}$ ) y cal hidratada (70% de  $\text{CaO}$ ). La cal viva granular en general se tritura en un depósito y luego alimentada en forma semilíquida en un contenedor con alrededor de 5% de hidróxido de calcio. La cal hidratada en polvo se prepara mediante su fluidificación en un tanque que contiene un mezclador de turbina. La ceniza de la sosa (aproximadamente 98% de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) es un polvo grisáceo-blanco que puede añadirse con la cal o después de la adición de la cal. El dióxido de carbono se utiliza para reducir el pH y precipita el exceso de calcio del agua ablandada con cal.

Cuando la cal semilíquida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) se añade al agua, primero reacciona con el dióxido de carbono libre, debido a que el  $\text{CO}_2$  es un ácido más fuerte que el  $\text{HCO}_3^-$ . (Recuerde que, por definición, el  $\text{HCO}_3^-$  puede actuar como un ácido o una base.). Las reacciones químicas para la eliminación de dureza carbonatada y no carbonatada se proporcionan en las ecuaciones (MIHELIC-ZIMMERMAN – 2014):



La eliminación de la dureza carbonatada está dada por:



#### 2.1.5.3. Sedimentación

La sedimentación es el proceso en el que la mayoría de las partículas se asentarán por la gravedad dentro de un tiempo razonable y se removerán. Las partículas con densidades más grandes de 1 000  $\text{kg}/\text{m}^3$  se asentarán finalmente, y las partículas con densidades menores a 1 000  $\text{kg}/\text{m}^3$  flotarán hacia la superficie del agua. En el tratamiento de aguas existen tipos comunes de asentamiento: el asentamiento discreto de partículas y el asentamiento floculante.

- **Asentamiento discreto de partículas**

El asentamiento discreto de partículas sucede cuando las partículas son discretas y no interfieren una con otra cuando se asientan. Para esta clase de asentamiento, el movimiento de una partícula en el agua se determina por un balance de una fuerza gravitacional hacia abajo, una fuerza de flotabilidad hacia arriba y una fuerza de arrastre hacia arriba.

La velocidad de asentamiento de partículas en un líquido como el agua se puede describir ya sea por la ley de Stokes o la ley de Newton. La ley de Newton se utiliza para determinar la velocidad de asentamiento de las partículas cuando el número de Reynold es mayor que 1 (flujo de transición y turbulento). El número de Reynolds (Re) adimensional se define como:

$$Re = \frac{\rho d_p v_s}{\mu} = \frac{d_p v_s}{\nu} \approx \frac{\text{fuerzas de inercia}}{\text{fuerza viscosas}}$$

En donde  $\rho$  es la densidad del líquido (kg/m<sup>3</sup>)

$d$  es el diámetro de la partícula (m)

$v_s$  es la velocidad de asentamiento de la partícula en cualquier punto del tiempo (m/s)

$\mu$ , es la viscosidad dinámica del líquido (N·s/m<sup>2</sup>)

$\nu$  es la viscosidad cinemática del líquido (m<sup>2</sup>/s).

- **Eliminación de partículas durante la sedimentación**

La velocidad de asentamiento para partículas discretas es constante, debido a que las partículas no interferirán entre sí, y el tamaño, la forma y la densidad de las partículas se supone que no cambian mientras se mueven a través del reactor. Una partícula que entra a la parte superior de la cuenca y se asienta justo antes de que fluya fuera de la cuenca se llama partícula crítica. Su velocidad de asentamiento se define como la velocidad crítica de asentamiento de la partícula, determinada como sigue:

$$v_c = \frac{h_o}{\theta}$$

*En donde*

*vc es la velocidad de asentamiento crítica de la partícula (m/h)*

*ho es la profundidad de la cuenca de sedimentación (m)*

*0 es el tiempo de detención hidráulica de la cuenca de sedimentación (h).*

La velocidad crítica de asentamiento de la partícula también se conoce como el rango de desbordamiento (OR) debido a que es igual a la proporción del proceso de velocidad del flujo al área de la superficie:

$$v_c = \frac{h_o}{\theta} = \frac{h_o Q}{V} = \frac{H_o Q}{h_o A} = \frac{Q}{A} = OR$$

En donde:

A es el área de la superficie de la parte superior de la cuenca de asentamiento (m<sup>2</sup>)

Q es el rango de proceso de flujo (m<sup>3</sup>/h).

OR, o el rango de desbordamiento, es importante en el análisis. Advierta que en la ecuación 10.10 el OR no es una función de la profundidad de del tanque.

El OR (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-h, también escrito como m/h) es igual a la velocidad de asentamiento crítica, vc. Cualquier partícula con una velocidad de asentamiento (vs) mayor que o igual a vc (o el OR) será eliminada. Las partículas con una velocidad (r.2) menor a v, también se pueden eliminar, dependiendo de su posición en la

entrada, la partícula 1 no será eliminada, debido a que su velocidad de asentamiento no es lo suficientemente alta en relación con su punto de entrada hacia la cuenca de sedimentación.

El porcentaje de partículas eliminadas se determina como sigue:

$$\text{Porcentaje de partículas eliminadas} = \frac{v_s}{OR} \times 100$$

- **Otros tipos de asentamientos**

La tabla 02 resume los varios tipos de asentamiento observados durante el tratamiento de aguas y aguas residuales. El tipo de asentamiento discreto de partículas comentado anteriormente, también es referido como asentamiento del tipo I. En el asentamiento del tipo I, las partículas se asientan discretamente a una velocidad de asentamiento constante.

Cuando las partículas floculan durante el asentamiento debido al gradiente de velocidad de los fluidos o a las diferencias en las velocidades de asentamiento de las partículas, su tamaño es creciente y se asientan más rápido a medida que pasa el tiempo. Este tipo de asentamiento es conocido como floculante o asentamiento del tipo II, el cual se encuentra en los procesos de coagulación y en la mayoría de las cuencas de sedimentación convencionales. A altas concentraciones de partículas (mayores que 1000 mg/L) se forma una sábana de partículas, y se observa una clara interface entre la sábana y el agua clarificada sobre ésta. Este tipo de asentamientos es el obstaculizado o el asentamiento del tipo III, el cual sucede en la sedimentación de ablandamiento con cal, sedimentación de lodo activado y espesante de lodo.

**TABLA 03: TIPOS DE ASENTAMIENTO DE PARTÍCULAS ENCONTRADOS DURANTE EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL**

Tipo de asentamiento	Descripción	En dónde se usa en el proceso de tratamiento
Tipo I	Las partículas se asientan discretamente a una velocidad de asentamiento constante	Eliminación de asperones
Tipo II	Las partículas flocculan durante el asentamiento debido al gradiente de velocidad de los fluidos o a las diferencias en las velocidades de asentamiento de las partículas. Su tamaño es creciente, y se asientan más rápido conforme el tiempo pasa.	Procesos de coagulación y las cuencas de sedimentación convencionales
Tipo III	Se forma una sábana de partículas a altas concentraciones de partículas (por arriba de 1000 mg/L, y se observa una clara interfaz entre la sábana y el agua clarificada arriba de ésta.	Sedimentación de ablandamiento por cal y en sedimentación de aguas residuales y espesadores de fango.

FUENTE: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, Jairo Romero. 2013

#### 2.1.5.4. Filtración

La filtración se utiliza ampliamente para eliminar pequeños flóculos o partículas precipitadas. Puede utilizarse como el proceso principal de eliminación de turbiedad como la filtración directa de agua cruda con baja turbiedad. También se utiliza para la eliminación de patógenos

como la *Giardia lamblia* y la *Cryptosporidium*. Dos tipos de filtración empleados en las instalaciones de tratamiento de aguas incluyen la filtración de medio granular y la filtración de membrana.

- **Tipos de filtración granular**

La filtración con materiales granulares pueden operar ya sea a un alto rango de carga hidráulica (5-15 m/h) o a un rango bajo (0.05-0.2 m/h). (Las unidades en las velocidades de carga hidráulicas son realmente  $m^3/m^2-h$ , lo que se reduce a m /h.) En ambos procesos, el agua efluente es guiada por el flujo de la gravedad a través de una cama de material granular, y las partículas se recolectan dentro de la cama.

La filtración de alta velocidad (también conocida como filtración rápida) es el proceso utilizado por casi todas las plantas de filtración estadounidenses. La filtración lenta de arena es una tecnología de tratamiento de aguas apropiada para las comunidades rurales debido a su simplicidad y su bajo requerimiento de energía. También es comúnmente empleada en los sistemas de punto de uso residencial y de la comunidad implementados en el mundo desarrollado. La tabla 3 compara las características del proceso de la filtración lenta de arena y la filtración rápida.

**TABLA 04: COMPARACIÓN DE RANGOS TÍPICOS PARA EL DISEÑO Y LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN PARA LA FILTRACIÓN RÁPIDA.**

○

<b>Características del proceso</b>	<b>Filtración lenta de arena</b>	<b>Filtración rápida</b>
Velocidad de filtración	0.05-0.2 m/h	5-15 m/h
	(0.02-0.08 gpm/pie <sup>2</sup> )	(2-6 gpm / pie <sup>2</sup> )
Diámetro medio	0.3-0.45 mm	0.5-1.2 mm
Profundidad de la cama	0.9-1.5 m (3-5 pie)	0.6-1.8 m (2-6 pie)
Carga requerida	0.9-1.5 m (3-5 pie)	1.8-3.0 (6-10 pie)
Longitud de la tirada	1-6 mo	1-4 días
Pretratamiento	No se requiere	Coagulación
Método de regeneración	Raspado	Retrolavado
Máxima turbiedad del agua bruda	10-50 NTU	Ilimitada con el pretratamiento adecuado

FUENTE: Crittenden et al. 2005. Reimpreso con permiso de John Wiley & Sons, Inc.

La filtración rápida opera durante un ciclo que consiste de una etapa de filtración y una etapa de retro lavado. Durante la etapa de filtración, el agua fluye hacia abajo a través de la cama de filtro y las partículas son capturadas dentro de la cama. Durante la etapa de retro lavado, el agua fluye hacia arriba y limpia las partículas capturadas hacia arriba y hacia fuera de la cama. Típicamente, el paso de filtración dura de 1 a 4 días, y el retro lavado toma de 15 a 30 minutos.

La pérdida de carga durante las etapas de filtración y retro lavado es importante para el diseño apropiado de sistemas de filtración granular. Para una profundidad dada del material filtrante y su tamaño efectivo, la pérdida de carga de cama limpia depende de la porosidad de la cama, la velocidad de filtración y la temperatura del agua. La pérdida de carga de la cama limpia se incrementa a medida que la porosidad se reduce o la velocidad de filtración aumenta. La figura también muestra que la pérdida de carga de la cama limpia es más sensible a la velocidad de filtración a una porosidad más baja. La pérdida de carga de cama limpia también aumenta a medida que la temperatura se reduce, debido a que se incrementa la viscosidad del fluido. Por ejemplo, la pérdida de carga de la cama limpia a 5° C es 60 a 70 por ciento más alta de lo que es a 25° C.

La velocidad de retro lavado debe ser superior a la velocidad de fluidización mínima del material más grande. El material más grande es típicamente considerado como el diámetro (190. La velocidad mínima de fluidización se puede calcular al ingresar la porosidad de la cama acomodada en ecuaciones de diseño. Las velocidades de retro lavado varían aproximadamente de 20 a 56 m/h, con una velocidad típica de 45 m/h. La expansión dirigida de la cama es alrededor de 25% para antracita y 37% para arena.

- **Características del material**

La arena utilizada para la filtración lenta de arena es más pequeña y menos uniforme que la utilizada en la filtración rápida. Sólo se debería utilizar arena lavada. La arena de playa o de lecho de río no se puede utilizar antes de ser procesada debido a que su tamaño y uniformidad son generalmente más altas que los criterios para un filtro lento de arena. El paso de pretratamiento de coagulación no se requiere debido a que la desestabilización no es importante para la filtración lenta de arena. Los filtros de arena lenta de las comunidades por lo común se

albergan en estructuras de concreto reforzadas con grava graduada (0.3-0.6 m) como una capa de soporte y un sistema de drenaje subterráneo para la recolección del agua.

La filtración lenta de arena opera durante un ciclo que consiste de una etapa de filtración y una etapa de regeneración. En la etapa de filtración, el agua fluye hacia abajo por la gravedad a través de una cama de arena sumergida (0.9-1.5 m) a velocidad baja, y construcciones de pérdidas de carga. Cuando la pérdida de carga alcanza la carga disponible (generalmente después de semanas o meses), el filtro se drena y la parte superior de 1 a 2 cm de la arena es rastrillada, limpiada y luego apilada en el sitio. Los ciclos de operación y rastrillado se repiten durante varios años hasta que la cama de arena alcanza una profundidad mínima de 0.4 a 0.5 m. La arena apilada es entonces reemplazada en el filtro para restaurar la profundidad original de la cama.

Las características del material filtrante y de la cama son muy importantes para la evaluación del desempeño de los procesos de filtración y el diseño de los sistemas de filtración. Para la filtración rápida, la arena, el carbón de antracita, el granate y la ilmenita se utilizan comúnmente para materiales de filtración. Algunas veces, el carbono granular activado (GAC) se utiliza cuando la filtración se combina con la adsorción en un proceso de unidad sencillo.

La arena es el material granular utilizado en la filtración lenta de arena. Las características importantes de los materiales incluyen su tamaño (descrito por el tamaño efectivo), la distribución del tamaño (descrito por un coeficiente de uniformidad), la densidad, la forma y la dureza.

### 2.1.5.5. Procesos de membrana

Durante 2007, más de 20 000 plantas de membrana (incluyendo ósmosis inversa) operaban en todo el mundo. Se espera que este número crezca a un ritmo significativo a medida que la población y el consumo de agua aumentan. Los procesos de membrana involucran agua bombeada a presión, llamada agua de alimentación, hacia un albergue que contiene una membrana semipermeable, en donde algo del agua se filtra a través de la membrana y se llama permeado.

La presión requerida para la filtración o flujo constante a través de la membrana se llama presión transmembrana. Esta presión proporciona la fuerza de conducción para que se lleve a cabo la filtración. A medida que el tamaño del poro de la membrana se reduce, la presión transmembrana se incrementa. La velocidad de flujo es la velocidad a la cual el permeado fluye a través del área de la membrana y se expresa como L/m<sup>2</sup>-día (gpm/ pie<sup>2</sup>). El permeado generalmente es estabilizado si se necesita, desinfectado y enviado al sistema de distribución.

- **Clasificación de los procesos de membrana**

La selección del tipo de sistemas de membrana depende de los constituyentes a eliminarse. Se utilizan cuatro tipos de sistemas de membrana en el tratamiento de aguas:

- micro filtración (MF)
- ultrafiltración (UF)
- nano filtración (NF)
- ósmosis inversa (RO).

La micro filtración y la ultrafiltración algunas veces son clasificadas como filtración de membranas debido a que principalmente remueven constituyentes de partículas. La nanofiltración y la ósmosis inversa son algunas veces clasificadas como procesos de ósmosis inversa debido a que remueven constituyentes disueltos.

El uso de energía requerida para pasar el agua a través de una membrana puede determinarse como sigue:

En donde:

$$H_p = \frac{Q \times \Delta P}{1,714}$$

**H<sub>p</sub>** es la potencia requerida para pasar un millón de galones de agua al día a través de la membrana (kWh/MGD).

**Q** es la velocidad de flujo (gpm)

**AP** es la presión de alimentación requerida (lb /plg<sup>2</sup>).

**TABLA 04: Tipos de sistemas de filtración de membrana**

Micro filtración (MF)	Tiene tamaños de poro de membrana =0.1 pm en diámetro nominal. Remueve las partículas, algas, bacterias y protozoos que tienen tamaños más grandes que el diámetro nominal. Los rangos de operación de presión de transmembrana son de 0.2 a 1.0 bar (2 a 15 psig).
Ultrafiltración (UF)	Tiene tamaño de poros de membrana tan pequeños como 0.01 um en diámetro nominal. Puede remover constituyentes tan pequeños como los coloides y los virus. El rango de presión de operación es de 1 5 bar (15 a 75 psig.)
Nano filtración (NF)	Tiene tamaños de poros de membranas tan pequeños como 0.001 pm en diámetro nominal. Remueve materia orgánica disuelta y algunos iones bivalentes como los iones de calcio y de magnesio. Los rangos de operación de presión de transmembrana son 5.0 a 6.7 bar (75 a 100 psig)
Osmosis inversa (RO)	Los filtros se consideran como no porosos y generalmente sólo los constituyentes del tamaño de moléculas de agua pueden pasar a través del filtro. Los rangos de operación de presión de transmembrana son de 13.4 a 80.4 bar (200 a 1 200 psig.)

Fuente: Crittenden et al. 2005. Reimpreso con permiso de John Wiley & Sons, Inc

- **Materiales de Membrana**

Las membranas se fabrican en forma tubular, hojas planas o como fibras huecas finas. Se componen de materiales naturales, o sintéticos. Los tipos naturales modificados consisten de acetato de celulosa, diacetato de celulosa y una mezcla de materiales di y triacetato. Los materiales sintéticos de membrana pueden estar compuestos de poliamida, polisulfona, acrilonipolietersulfona, Teflón, nylon y polímeros de polipropileno.

El grosor de la membrana puede variar de 0.1 a 0.3  $\mu$ m. Algunos materiales de membrana como el acetato de celulosa y la poliamida se fabrican como compuestos de película delgada (TFC). Las membranas de TFC generalmente tienen una placa activa muy delgada que está unida a un material de soporte poroso para dar fuerza.

Algunos materiales de membrana son sensibles a la temperatura, el pH, y los oxidantes. Las membranas de acetato de celulosa tienen un rango de temperatura operacional de 15° C a 30° C y no son tolerantes por arriba de los 30° C. También son sensibles a la hidrólisis a un pH alto y bajo. El triacetato y las mezclas de di/triacetato han mejorado la estabilidad hidrolítica en el agua con pH alto y bajo. Las membranas de poliamida, polisulfona, nylon, Teflón y polipropileno tienen, alta estabilidad física, no se hidrolizan en el rango de pH de 3 a 11 y son inmunes a la degradación bacteriana. Sin embargo, algunas membranas de poliamida pueden estar sujetas a la oxidación por los desinfectantes como la clorinación.

- **Tipos y configuraciones de procesos de membrana**

Los tipos más comunes de configuraciones de membrana utilizados en el tratamiento de agua son los módulos tejidos en espiral y de fibra hueca. Un elemento en espiral consiste de hojas de la membrana,

material impregnado, espaciadoras de canal y envoltura externa de membrana tejida alrededor de un tubo impregnado poroso. El agua entra por un extremo del elemento y fluye a través del área de la superficie del filtro tejido, y el agua se impregna a través de la membrana hacia el tubo de recolección mientras que el concentrado o retentado fluye hacia afuera a un extremo del elemento del filtro.

Los elementos tejidos en espiral pueden variar de 100 a 300 mm en diámetro y de 1 a 6 m en longitud. Los haces de los elementos, usualmente de 30 a 50 en número, son montados sobre patines (llamados patines o matriz) y operados en modo paralelo. Para la operación del RO, las unidades montadas sobre patines o matrices también pueden ser operadas en paralelo y en operación en series. Por ejemplo, dos matrices pueden operar en paralelo (primera etapa), y el retentado de cada matriz se alimenta hacia otras dos matrices (segunda etapa) para incrementar la recuperación del agua. La figura 10.21 despliega una planta de RO con cuatro unidades montadas en patines.

Tal vez la membrana más ampliamente utilizada es la de tipo de fibra hueca. Las fibras huecas tienen diámetros externos que van desde los 0.5 a los 2.0 mm, el grosor de la pared va desde los 0.07 a los 0.60 mm y longitudes de alrededor de 1 m. Típicamente, de 7 000 a 10 000 fibras son guardadas en módulos presurizados de acero inoxidable o fibras de vidrio con diámetros que varían de los 100 a los 300 mm y longitudes que varían de 1 a 2 m.

En adición a los depósitos a presión, las membranas de microfiltración y ultrafiltración pueden operar sumergidas en tanques. La figura 10.22 es una esquemática de lo que se llama sistema de membrana sumergido. En el modo sumergido, las membranas son sumergidas en un tanque completamente mezclado, en donde el agua alimentada entra hacia el tanque. La impregnación es llevada a través de la

membrana al aplicar un vacío en el lado impregnado de la membrana. El retentado generalmente es alejado en un modo semicontínuo o en un modo continuo si el reactor está operando como un reactor tubular completamente mezclado.

- **Selección y operación de membranas**

La operación de la membrana es altamente dependiente de las características del agua efluente y del tipo de constituyentes en el agua que necesitan removerse. Si el agua superficial fresca requiere eliminación de constituyentes de partículas, entonces el proceso requerido es la filtración de membrana (microfiltración o ultrafiltración). Si la eliminación de constituyentes disueltos es requerida, entonces el proceso deberá ser la nanofiltración o RO

Las plantas de microfiltración generalmente requieren un paso de prefiltración para remover partículas gruesas con diámetros en exceso de 200 a 500 pm. Si los constituyentes disueltos (como el manganeso, el hierro o la dureza) o los constituyentes coloidales están presentes e interfieren con la operación de la membrana, los pasos de pretratamiento químico se pueden requerir. Las bombas de alimentación se utilizan para proporcionar la presión de transmembra necesaria para que suceda la filtración. A través del tiempo, los constituyentes de partículas y disueltos se crean en la superficie de la membrana, provocando que el flujo impregnado reduzca o incremente la presión de transmembra.

En algún punto de la operación, las membranas requieren retrolavado para restaurar su desempeño. El retrolavado de un filtro de microfiltración se logra al invertir el flujo del fluido mediante el uso de aire o impregnación a una presión más alta que la presión de operación normal. El impregnado es entonces desinfectado y enviado al sistema de distribución. Si existe retentado, puede ser retornado directamente a la línea de alimentación o a una cuenca mezcladora corriente arriba

de las membranas. El agua de retrolavado que contiene químicos y sólidos limpiadores puede ser desaguada para su tratamiento en la planta de tratamiento de aguas residuales, tratada en el sitio o se le puede permitir la descarga hacia la fuente de agua.

Para las membranas de microfiltración, el retrolavado sucede cada 30 a 90 minutos aproximadamente, dependiendo de la calidad del agua efluente. Después de un periodo, la limpieza química se requiere para invertir la pérdida de flujo y restaurar la permeabilidad. La pérdida de flujo se debe al ensuciamiento de la membrana con el crecimiento de microorganismos. A esto se le llama ensuciamiento reversible, ya que la pérdida de flujo puede ser restaurada. El ensuciamiento irreversible se debe a la compactación de la membrana durante el primer año de operación. La compactación sucede cuando los grandes vacíos colapsan en la capa de soporte porosa de la membrana debido al exceso de presión aplicada. La presión aplicada reduce el tamaño de los huecos de la capa de soporte, provocando una reducción en la permeabilidad a través de toda la sección transversal de la membrana.

*Las plantas de ósmosis inversa requieren adición de ácidos y químicos para impedir la formación de incrustaciones en las membranas. La formación de incrustaciones es provocada por las sales solubles en el agua de alimentación concentrada en la membrana a un grado que exceden su producto de solubilidad y comienzan a precipitarse como un sólido en la superficie de la membrana. El añadir ácido cambiará la solubilidad de las sales, y el anti incrustante ayudará a evitar la formación de la incrustación o al menos reducirá la velocidad de precipitación.*

La prefiltración se utiliza para prevenir que las partículas atasquen las membranas de RO. Para las aguas superficiales, los filtros de cartucho, la filtración granular o la microfiltración puede ser necesaria para remover las partículas antes de la filtración por RO. También se puede requerir la desinfección para evitar el ensuciamiento microbiano de las

membranas de RO. Debe tenerse cuidado para asegurar que las membranas de RO no sean susceptibles a la oxidación por el desinfectante.

La calidad del agua impregnada es usualmente ácida (pH 5), baja en alcalinidad y corrosiva y, dependiendo de la fuente del agua, el impregnado puede contener gas disuelto (por ejemplo, sulfito de hidrógeno si la fuente del agua es agua subterránea reducida). Algunos impregnados pueden requerir aireación para eliminar los gases disueltos indeseables. La corrosividad del agua requiere ajuste de pH y alcalinidad al usar una solución básica y añadir un inhibidor de corrosión (silicato de sodio y hexametáfosfato de sodio). Un desinfectante es usualmente añadido al agua antes de que ésta ingrese el pozo limpio y al sistema de distribución.

Debido a que la corriente del retentado está bajo alta presión, una válvula de control de concentrados se utiliza para capturar la energía y reducir la presión de la corriente del retentado. La válvula de control de concentrados es un sistema de recuperación de energía y puede ser utilizado para reducir el uso de energía en la planta de RO. El retentado puede ser más tratado, como con el uso de estanques de evaporación para concentrar aún más la sal, o puede ser descargada hacia el océano, estuario salobre, o río, o a una alcantarilla municipal. Obviamente, es más fácil desechar la corriente de retentado en áreas costeras, en donde la descarga no presenta tantos problemas como en ubicaciones interiores en donde está presente el agua fresca. Sin embargo, se requerirán permisos para asegurar la protección de ecosistemas costeros.

- **Desempeño de la membrana**

*Las características operativas típicas y los parámetros de desempeño generales para los sistemas de membrana. Para los sistemas de*

*microfiltración, la recuperación típica de agua excede 95% y la eliminación de sólidos suspendidos es de aproximadamente 90 a 98 por ciento, dependiendo del tamaño del poro nominal de la membrana. La eliminación micro-biológica puede ser tan alta como 7 log de protozoos como los cistos Giardia lamblia y los oocistos Cryptosporidium parvum. La eliminación de bacterias se ha reportado de 4 a 8 log y la eliminación de virus de 7 a 10 log.*

Para los sistemas de RO, las recuperaciones de agua varían entre 50 y 90 por ciento, dependiendo del tipo de agua efluente y el andamiaje. Las eliminaciones de TDS pueden ser en un rango de eliminación de 90 a 99.5 por ciento. La eliminación microbiológica es excelente, con una eliminación mayor a 7 log para los protozoos y una eliminación de entre 4 y 7 log para las bacterias y los virus (Asano et al., 2006). Las membranas de RO también son muy efectivas para eliminar los SOC.

**TABLA 06: PARÁMETROS OPERACIONALES PARA LAS MEMBRANAS**

<b>Parámetro</b>	<b>Microfiltración</b>	<b>Ultrafiltración</b>	<b>Nanofiltración</b>	<b>Ósmosis inversa</b>
Velocidad de flujo, L/m <sup>2</sup> .d	400 – 1600	400-800	10-35	12-20
Presión operacional, kPa	0.0007-.01	0.007-0.7	350-550	1200-1800
Agua fresca			500-1000	5500-8500
Agua de mar				
Consumo de energía, kWh/m <sup>3</sup>				
Agua fresca	0.4	3.0	0.6-1.2	1.5-2.5
Agua de mar				5-10

**Fuente:** Crittenden et al. 2005. Reimpreso con permiso de John Wiley & Sons, Inc

- **Absorción**

Los procesos de adsorción son altamente utilizados para remover los constituyentes orgánicos e inorgánicos del agua y el aire. Por ejemplo, el carbono granular activado (GAC) y el carbono activado en polvo (PAC) se utilizan ampliamente para eliminar los químicos orgánicos sintéticos y los compuestos odoríficos de las provisiones de agua potable. Según la Ley de agua potable segura, la EPA ha designado el GAC como la mejor tecnología disponible para eliminar muchos constituyentes orgánicos e inorgánicos de las provisiones de agua (por ejemplo, SOC, arsénico y radionucleidos). El GAC también es ampliamente utilizado para tratar el aire interno (por ejemplo, eliminar el formaldehído, el tolueno y el radón).

## 2.2. **Disposiciones de manejo de efluentes sanitarios:**

### 2.2.1 Sedapar

#### **VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO (sedapar, 2009) Art. 1° FINALIDAD, ÁMBITO Y OBLIGATORIEDAD DE LA NORMA**

*“Está norma regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Los VMA, son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en el alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las*

entidades prestadoras de servicios de saneamiento (sedapar, 2009)”.

“Art. 3° DEFINICIÓN DE VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) Entiéndase por Valores Máximos Admisibles (VMA), como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido en sus parámetros aprobados (Anexo N° 1, y Anexo N° 2) causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, tratamiento de aguas residuales y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales (sedapar, 2009).”

**ANEXO N° 01**

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T)	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	A y G	100

[http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=653834f6-6123-4e5d-a09e-d6bf02aa7e27&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=653834f6-6123-4e5d-a09e-d6bf02aa7e27&groupId=10154)

**ANEXO N° 02**  
Valores Máximos Admisibles <sup>(1)</sup>

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr <sup>+6</sup>	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	500
Sulfuros	mg/L	S <sup>-2</sup>	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH <sup>+4</sup>	80
pH <sup>(2)</sup>		pH	6-9
Sólidos Sedimentables <sup>(2)</sup>	mL/L/h	S.S.	8.5
Temperatura <sup>(2)</sup>	°C	T	<35

(1) La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, está precisada en el reglamento de la presente norma tomando como referencia el código CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas, en este código deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo.

(2) Estos parámetros, serán tomados de muestras puntuales. El valor de los demás parámetros, serán determinados a partir del análisis de una muestra compuesta.

[http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=653834f6-6123-4e5d-a09e-d6bf02aa7e27&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=653834f6-6123-4e5d-a09e-d6bf02aa7e27&groupId=10154)

**“Art. 5° SUSPENSIÓN DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO SEDAPAL** (sedapar, 2009) se encuentra facultada en virtud a la presente norma a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la SUNASS e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado conforme a la regulación prevista en el reglamento y que deriven de la vulneración de los Anexos N° 01 y N° 02. Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas Art. 9° PROHIBICIONES Queda totalmente prohibido descargar directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad causen por si solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconvenientes en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el reglamento de la presente norma. DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES PRIMERA.- La presente norma entró en vigencia a partir de la aprobación de su Reglamento mediante el D.S. N° 003-2011-VIVIENDA, vigente a partir del 22 de junio de 2011. SEGUNDA.- Los

*usuarios que a la fecha de entrada en vigencia del presente D.S., se encuentran efectuando descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, deberán adecuar sus descargas a las disposiciones establecidas en la presente norma, en un plazo no mayor de cinco (05) años. En el caso de nuevos usuarios del sistema de alcantarillado sanitario las disposiciones de la presente norma son de aplicación inmediata.*

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MODIFICATORIAS:** Art. 56°.- *Son derechos de SEDAPAL: (...) g) Suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes no domésticos que se vierten en él, no cumplan con los VMA, establecidos en la norma vigente. SEDAPAL o la que haga sus veces, queda facultada para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio. h) Cobrar el costo adicional por las cargas contaminantes descargados en el sistema de alcantarillado que superan los VMA, establecidos. Dicho pago adicional se encuentra incorporado en el Reglamento de Prestación de Servicios de SEDAPAL.*

**REGLAMENTO DEL D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, QUE APRUEBA LOS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO APROBADO POR D.S. N° 003-2011-VIVIENDA** Art. 1.- *Del Objeto El presente Reglamento tiene por objeto regular los procedimientos para controlar las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.*

**TÍTULO II OBLIGACIONES Y DERECHOS DE LOS USUARIOS NO DOMÉSTICOS QUE HACEN USO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO** Art. 5.- *De las obligaciones Los Usuarios No Domésticos que descargan aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado están obligados a:*

- a) Presentar anualmente a SEDAPAL la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico.*
- b) Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, cuando sus descargas excedan o puedan exceder los VMA establecidos en el D.S N° 021-2009-VIVIENDA.*

- c) *Efectuar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en el Anexo N° 1 del D.S N° 021-2009-VIVIENDA, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS.*
- d) *Pagar el Importe correspondiente a la toma de Muestra Inopinada, análisis y cualquier otro gasto relacionado a la labor realizada por el laboratorio acreditado ante INDECOPI, siempre que el valor del parámetro analizado sobrepase los VMA, en caso de no sobrepasar los VMA el importe será asumido por SEDAPAL.*
- e) *Informar a SEDAPAL, cuando la descarga de sus aguas residuales no domésticas presenten alguna modificación derivada de la ampliación o variación de las actividades que realiza el Usuario No Doméstico, dentro de un plazo que no deberá exceder los quince (15) días hábiles a partir de la ampliación o variación de sus actividades.*
- f) *Brindar todas las facilidades, accesos e ingresos necesarios para que, en la oportunidad debida, el personal de SEDAPAL o la entidad que haga sus veces y el laboratorio acreditado ante INDECOPI, efectúe la toma de muestra inopinada.* g) *Implementar el mecanismo o dispositivo especial para la toma de muestra inopinada, cuyo costo será asumido por el Usuario No Doméstico.*
- h) *Asumir los costos asociados al incumplimiento procesos y otras actividades adicionales que estén relacionadas con la implementación de los VMA, de acuerdo al procedimiento establecido por la SUNASS.*
- i) *Los Usuarios No Domésticos cuyas actividades estén clasificadas según el CIIU, deberán declarar, reportar y cumplir con las obligaciones que se establecen en el presente Reglamento, en función de los parámetros que para dichas actividades se establecen en el referido código. Aquellas actividades que no estén incluidas en el CIIU, deberán cumplir con los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.*

j) *Cumplir con las demás disposiciones que se emitan para la regulación de la aplicación de los VMA.”*

**“Capítulo II Derechos de los Usuarios No Domésticos** (sedapar, 2009) Art. 6  
*De los derechos Los Usuarios No Domésticos que descargan aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, tienen derecho*

- a) *Recibir información sobre la normatividad, las modificaciones y actualizaciones respecto a los VMA.*
- b) *A solicitar, de conformidad al artículo 6 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, la exoneración del pago o suspensión del servicio de alcantarillado sanitario, cuando por caso fortuito o fuerza mayor se haya excedido los VMA, de acuerdo con el procedimiento establecido en el artículo 33 del presente reglamento.*
- c) *Presenciar la toma de muestra inopinada, a participar de dicho acto y a suscribir el Acta de Toma de Muestra Inopinada, cuyo contenido será como mínimo el establecido en el Anexo II del presente reglamento.*
- d) *Solicitar directamente a cualquier laboratorio acreditado ante INDECOPI, la toma de muestra de parte y los análisis de sus descargas.*
- e) *Presentar reclamos, si consideran que ha sido vulnerado alguno de sus derechos, de acuerdo a los procedimientos que para tal fin se establezcan. Comentario: De poseer procesos húmedos, es decir, descarga de aguas residuales no domésticas, deberán presentar el respectivo proyecto del sistema de tratamiento para su revisión y aprobación, adjuntando el respectivo cronograma de implementación, cuya construcción y puesta en operación debe estar antes del inicio de sus actividades.*

*En caso nos remitan el respectivo proyecto, para su revisión, la información que nos deberán alcanzar serán las siguientes:*

1. *Características de sus descargas no domésticas muestreadas y analizadas por un Laboratorio Acreditado ante INDECOPI (ver Anexo 1 y 2 que se adjunta al presente).*
2. *Memoria Descriptiva del sistema de tratamiento proyectado: – Ubicación del Predio, actividad a la que se dedica y turnos de trabajo. – Datos de Diseño. – Indicar caudal máximo y calidad estimada a tratar. – Frecuencia de mantenimiento a seguir, a fin de asegurar la correcta operación del sistema de tratamiento, lo que va a permitir adecuar las descargas a los VMA indicados en los Anexos 1 y 2 del D.S. Nº 021-2009-VIVIENDA.*
3. *Plano sanitario del local, indicando la distribución del mismo y la ubicación del sistema de tratamiento (puede ser en papel tamaño A4). Considerar la independización de las descargas de las aguas residuales domésticas de las no domésticas.*
4. *Plano del sistema de tratamiento, con dos vistas como mínimo, del sistema de tratamiento (pueden ser en hojas tamaño A4).*
5. *Un CD o USB, con toda la información solicitada (Planos, Memoria Descriptiva y Otros).”*



**'TÍTULO IV VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES** (sedapar, 2009)

*Capítulo I De las Descargas Art.9.- De las descargas permitidas Se permitirá la descarga directa de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, sin pago o sanción alguna, siempre que no excedan los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. SEDAPAL, o la entidad que haga sus veces, en cumplimiento del artículo 7 del D.S. N° 021-2009- VIVIENDA, verificará el cumplimiento de los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del mencionado Decreto Supremo. Art. 10.- De las descargas no permitidas No está permitido descargar aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, que sobrepasen los VMA establecidos en el N° 2 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.'*

*'En cumplimiento del artículo 9 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, concordante con el literal i) del artículo 72 del T.U.O del Reglamento, no está permitido descargar, verter, arrojar o introducir bajo cualquier modalidad al sistema de alcantarillado sanitario, elementos tales como:*

- *Residuos sólidos*
- *Material orgánico de cualquier tipo y estado*
- *Mezclas inflamables, radioactivas, explosivas, corrosivas, tóxicas y/o venenosas que provoquen daño al sistema de alcantarillado.*
- *Aquellas descargas que puedan causar obstrucciones físicas, interferencias, perturbaciones*
- *Residuos sólidos o viscosos, capaces de obstruir el libre flujo.*
- *Gases procedentes de escapes de motores de cualquier tipo.*
- *Disolventes orgánicos y pintura, cualquiera sea su proporción o cantidad.*
- *Carburo calcio y otras sustancias sólidas potencialmente peligrosas, tales como hidruros, peróxidos, clorados, bromatos y sus derivados.*
- *Hidrocarburos y sus derivados*
- *Materias colorantes*
- *Agua salobre*
- *Residuos que generen gases nocivos.*

### 2.2.2. Valores máximos admisibles internacionales:

A nivel internacionales niveles máximos admisibles difieren, de los niveles aceptables en el Perú es importante tener en cuenta los valores que se tienen en El Salvador y Panamá. Como se muestra en la tabla a continuación

**TABLA 07: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES**

PARÁMETRO	VAL. MAX. ADMISIBLES (SEDAPAR)	V.M.A (SAN SALVADOR)	V.M.A (PANAMÁ)
Aluminio	10 mg/L	5 mg/L	5 mg/L
Arsénico	0.5 mg/L	0.1 mg/L	0.50 mg/L
Boro	4 mg/L		0.75 mg/L
Cadmio	0.2 mg/L	0.1 mg/L	0.01 mg/L
Cianuro	1 mg/L	0.5 mg/L	0.2 mg/L
Cobre	3 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
Cromo Hexavalente	0.5 mg/L	0.1 mg/L	0.05 mg/L
Cromo Total	10 mg/L	1 mg/L	5 mg/L
Manganeso	4 mg/L	2 mg/L	0.5 mg/L
Mercurio	0.02 mg/L	0.01 mg/L	
Níquel	4 mg/L	0.2 mg/L	0.2 mg/L
Plomo	0.5 mg/L	0.4 mg/L	0.050 mg/L
Sulfatos	500 mg/L	1000 mg/L	1000 mg/L
Sulfuros	5 mg/L		
Zinc	10 mg/L	5 mg/L	3 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	80 mg/L	50 mg/L	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 2.3. Hipótesis:

**DADO QUE LOS FACTORES QUE CONDICIONAN LAS DESCARGAS DE LOS EFLUENTES Y ACREDITAR LOS PARÁMETROS, VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA, SEGÚN NORMATIVIDAD, EN SALVAGUARDA DE LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD SANTA MARIANA.**

### III. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL:

#### 3.1. Técnicas, instrumentos y materiales de verificación:

Para la investigación se utilizara, las siguientes técnicas, instrumentos y materiales de verificación, como señalamos en el presente cuadro

<i>VARIABLES</i>	<i>TÉCNICAS</i>	<i>INSTRUMENTOS DOCUMENTALES</i>
<i>ACREDITAR VMA</i>	<i>LABORATORIO</i>	<i>CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN</i>
<i>DESARROLLO INSTITUCIONAL DE LA UCSM</i>	<i>OBSERVACIÓN</i>	<i>FICHA DE OBSERVACIÓN DOCUMENTAL</i>

FUENTES: ELABORACIÓN PROPIA

#### 3.2. Campo de verificación:

##### 3.2.1. Ubicación espacial:

Campus Central de la UCSM

##### 3.2.2. Ubicación temporal:

Arequipa 2015

##### 3.2.3. Unidades de estudio:

###### a) Universo

Toda las tuberías emisoras de la clínica Odontológica de la UCSM.

## b) Muestra

No se realizara muestreo porque se tomaran muestras de todas las fuentes emisoras.

### 3.3. Estrategia de recolección de datos

Se considera, organización, recursos, validación de los instrumentos, criterios para el manejo de resultados

#### 3.3.1. Organización

Facultad de Odontología, clínica Odontológica

#### 3.3.2. Recursos

Laboratorio de calidad de la UCSM, Personal de Infraestructura y Servicios Generales

**3.3.3. Validación de Instrumentos:** Laboratorio acreditado.

**3.3.4. Manejo de resultados:** Interpretación, contraste.

### 3.4. CRONOGRAMA DE TRABAJO:

ACTIVIDAD	03/1 5	04/1 5	05/1 5	06/1 5	07/1 5	08/1 5	09/1 5	10/1 5	11/1 5
REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	X	X							
ELABORACIÓN DE PROYECTO DE TESIS			X						
APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS				X	X				
TOMA DE MUESTRAS						X			
REALIZAR MEDICIONES							X		
REALIZAR EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO							X		
REDACTAR EL INFORME FINAL								X	X

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 4. BIBLIOGRAFIA BASICA:

- 2000. Circular de Estudio geológico 1268. Estudio ecológico de Estados Unidos.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE)2001. Manure Production and characteristics. ASAE Standards D384.1, ASAE, St Joseph, MI, United States.
- Andrew Crocos, Wodonga. June, 2000. Dairy effluent: Applying dairy shed effluent to land. Agriculture Notes, Victoria, Australia. ISSN 1329-8062 AG0432. ISSN 1329-8062. Barrie Bradshaw, Ellinbank October, 2002
- Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE). 2007. Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE MOP #60 y WEF MOP #FD-5. Reston, VA.: Sociedad Americana de Ingenieros Civiles; Alexandria, Va. Federación Ambiental del Agua.
- Asociación Americana de Trabajos de Agua (AWWA). 1998. Distribution System Requirements for Fire Protection. Manual M-31 de la AWWA, Denver, Colo.: AWWA.
- Asociación Americana de Trabajos de Agua (AWWA). 2007. Water Resources Planning, 2a. edición, Manual M-50 de la AWWA. Denver, Colo.: AWWA.
- Blumenthal U, Strauss, M. Mara, D, and Caincross, S. (1989) Generalised Model of the Effect of Diferent Control Measures in reducind health risks from waste reuse. Wat. Sci. Tech Vol 21 pp 567-577. Charlón V.; Taverna, M. Anuario 2004.
- Budyko, M. I. 1974. Climate and Life. Nueva York: Academic Press.
- Chen, W. F. 1995. The Civil Engineering Handbook. Boca Ratón, Fla.: CRC Press, Inc.

- Contabilidad y Auditoría Ambiental, Gray Rob
- Crittenden, J. C., R. R. Trussell, D. W. Hand, K. J. Howe y G. Tchobanoglous. 2005. Water Treatment: Principles and Design, 2a. edición. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc.
- Crook, J. 2004. Innovative Applications in Water Reuse: Ten Case Studies. Alexandria, Va.: Fundación de Reutilización del Agua.
- Dairy effluent: Pond maintenance and desludging. Victoria, Australia. AG0423. ISSN 1329-8062. Blumenthal U, Mara, D, Ayres, R, Cifuentes, E, Peasey, A, Stot, R Lee, D and Ruiz –Palacios. (1996) Evaluation of the WHO nematode egg Guidelines for restricted and unrestricted irrigation. Wat Sci Tech Vol 33, n10-11 pp 277-283.
- Estimación de emisiones de metano producidas por la gestión de estiércol proveniente de los sistemas de producción de vacunos de leche irrigación majes, Arequipa – 2013. Reategui Ordoñez, Juan Eduardo
- Federación Ambiental del Agua (WEF). 1998. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants MOP no. 8, vol. 1, 4a. edición. Alexandria, Va.: Federación Ambiental del Agua.
- Hammer, M. J. y M. J. Hammer Jr. 1996: Water and Wastewater-Technology, 3a. edición. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Hemond, H. F. y E. J. Fechner. 1994. Chemical Fate and Transport in the Environment. San Diego: Academic Press.
- Hoekstra, A. Y. y A. K. Chapagain. 2006. "Huellas de Agua de las Naciones: Uso del agua por la gente como una función de su patrón de consumo". Water Resource Management, DOI 10.1007/ s11269-006-9039-x.
- Hutson, S. S., N. L. Barber, J. F. Kenny, K. S. Linsey, D. S. Lumia y M. A. Maupin. 2004. Estimated Use of Water in the United States in

- Influencia del manejo de los residuos, sólidos en el entorno ambiental en el campus universitario PERAYOC de la UNSAAC 2014. Franco Mendez Carlos Reynaldo
- Instructivo para el diseño del Plan de Gestión Integral de Residuos Hospitalarios (PGIRH).
- Inteligencia Global del Agua (GWI). 2005. Mercados de reutilización del agua 2005-2015: una previsión y evaluación global. <http://www.globalwaterintel.com>, página consultada el 18 de noviembre de 2008.
- Jones, G. M. y R. L. Sanks. 2008. Pumping Station Design, 3a. edición. Wobtun, MA:•Butterworth Heinemann.
- Mayer, P. W., W. B. DeOreo, E. M. Opitz, J. C. Kiefer, W. Y. Davis, B. Dziegielewski y J. O. Nelson. 1999. Residential End Uses of Water. Denver: Fundación de Investigación de Asociación de Trabajos de Agua de Estádos Unidos.
- Mays, L. W. 2000. Water Distribution Systems Handbook. Nueva York: McGraw-Hill, Inc.
- Mihelcic, J. R. 1999. Fundamentals of Environmen al Engineering. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
- Oficina de Servicios y Seguros (ISO). 1998. Fire Suppression Rating Schedule. Nueva York: ISO. <http://www.iso.com>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y Programa de Evaluación Mundial del Agua (WWAP). 2003. Water for People, Water for Life: The United Nations World Water Development Report. Nueva York: UNESCO/Berghahn Books.

- Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007. "Resumen de hacedores de políticas". En *Climate Change 2007: Impacts Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden y C. E. Hanson, 7-22. Cambridge: Cambridge University Press.
- Programa de Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas (UN-Habitat). 2003. *Water and Sanitation in the World's Cities: Local Action for Global Goals*. Londres: Earthscan.
- Tchobanoglous, G. y F. L. Burton. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, 3a. edición. Nueva York, McGrawHill, Inc.
- Tchobanoglous, G., F. L. Burton y H. D. Stensel, 2003. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, 4a. edición. Nueva York: Wiley Interscience.
- Vickers, A. 2001. *Handbook of Water Use and Conservation*. Denver: American Water Works Association.
- Walski, T. M., D. V. Chase, D. A. Savic, Grayman, S. Beckith y E. Koelle. 2003. *Advanced Water Distribution System Modeling*. Waterbury, Conn.: Haestád Press.
- Walski, T. M., T. E. Barnard, E. Harold, L. B. Merritt, N. Walker y B. E. Whitman. 2004. *Wastewater Collection System Modeling and Design*. Waterbury, Conn.: Haestád Press.
- Daza Dávalos, Adrián Percy. *Diseño, construcción y funcionamiento de un sistema fotobioreactante para el consumo de CO2 Arequipa – Peru* 2012. Tesis para optar el Título de Ingeniero Biotecnólogo UCSCM

- Barriga Montalvo Grecia Esthefany. Remocion de metales pesados de efluentes del sector metal - mecanico utilizando un consorcio bacteriano nativo. Arequipa Peru 2015. Tesis para optar el Titulo de Ingeniero Biotecnologo UCSM
- Muñoz del Carpio Toia Agueda 2015, Investigación Científica en Salud: Aspectos Metodológicos y Éticos.
- Sampieri Hernandez Roberto, Collado Fernandez Carlos, Lucio Baptista Pilar, 2010. Metodologia de la Investigacion (5 ed.) MÉXICO McGraw-Hill Interamericana.
- Mihelcic James R- Zimmerman Julie Beth 2014. Ingeniería Ambiental. Editorial Alfaomega.
- Romero Rojas Jairo Alberto 2013. Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Gerard Kiely 1999 ( Vol II). *Ingeniería Ambiental. Editorial Mc Graw Hill.*
- *Ramalho R.S. 2014. Tratamiento de Aguas Residuales Editorial Reverte*

#### WEBGRAFÍA

- <http://www.monografias.com/trabajos33/residuos-hospitalarios/residuos-hospitalarios.shtml#ixzz3gVBNNCqp>
- [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=653834f6-6123-4e5d-a09e-d6bf02aa7e27&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=653834f6-6123-4e5d-a09e-d6bf02aa7e27&groupId=10154)
- [http://www.disaster-info.net/PED-Sudamerica/leyes/leyes/suramerica/peru/salud/Resolucion\\_Ministerial\\_217.pdf](http://www.disaster-info.net/PED-Sudamerica/leyes/leyes/suramerica/peru/salud/Resolucion_Ministerial_217.pdf)
- <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/guiaminera-xviii.pdf>

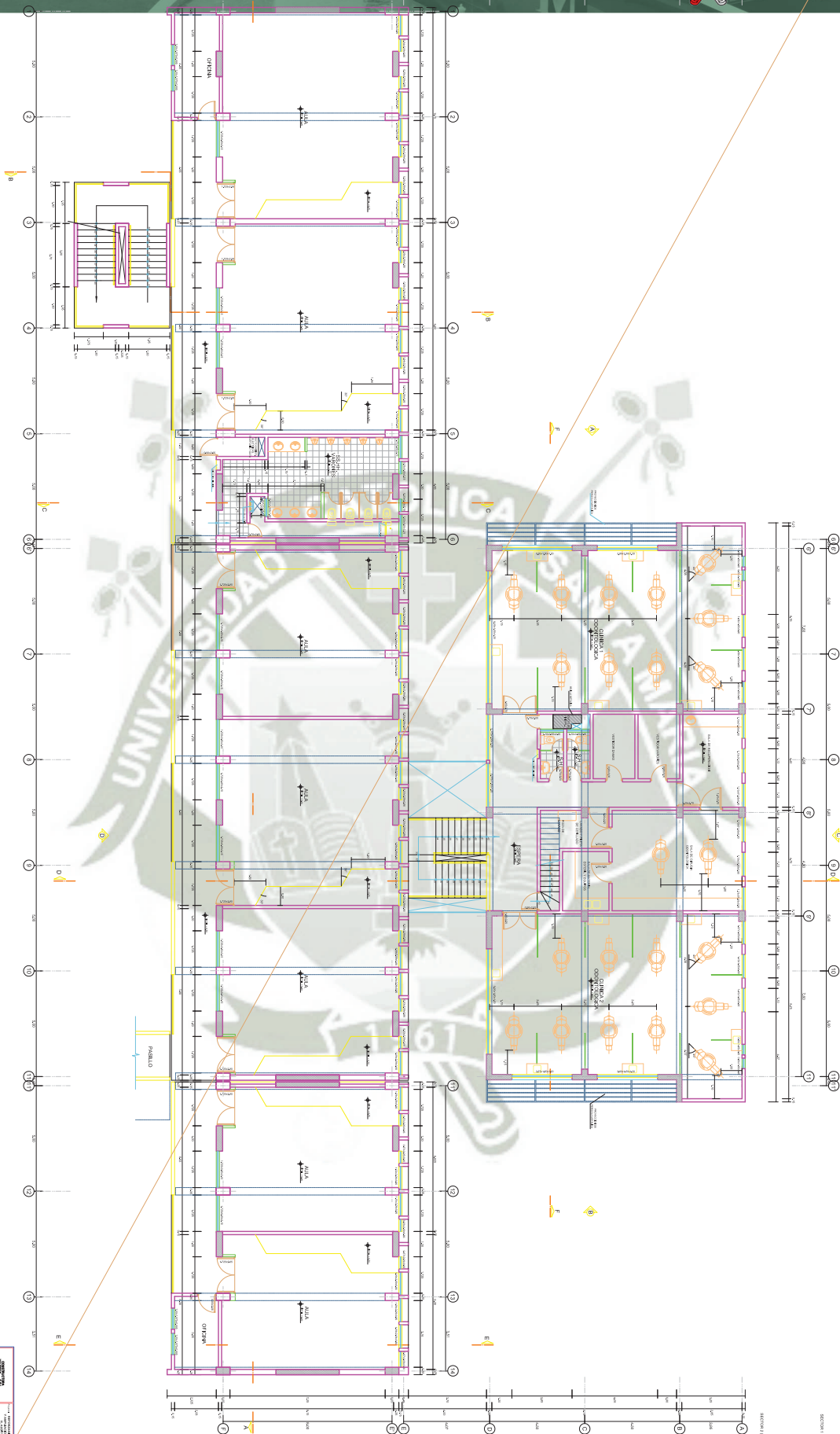
- [http://srvapp03.osinerg.gob.pe:8888/snl/normaPortalGeneral.htm?\\_formAction=show&\\_id=123](http://srvapp03.osinerg.gob.pe:8888/snl/normaPortalGeneral.htm?_formAction=show&_id=123)
- [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/residuos/Residuos\\_EESSySMA.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/residuos/Residuos_EESSySMA.pdf).





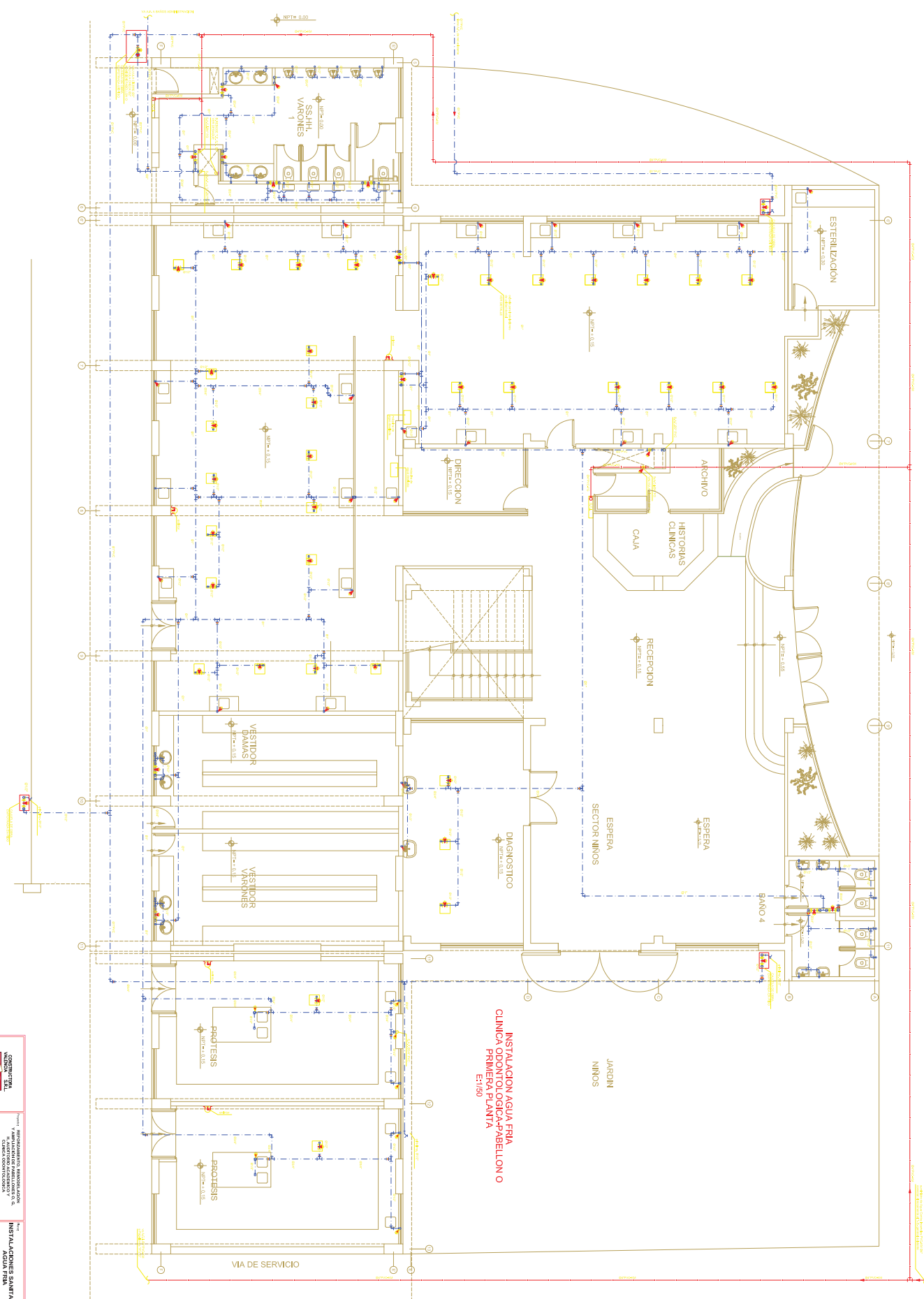


TERCERA PLANTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO	...
FECHA	...
PROFESOR	...
ESTUDIANTE	...
OTROS	...

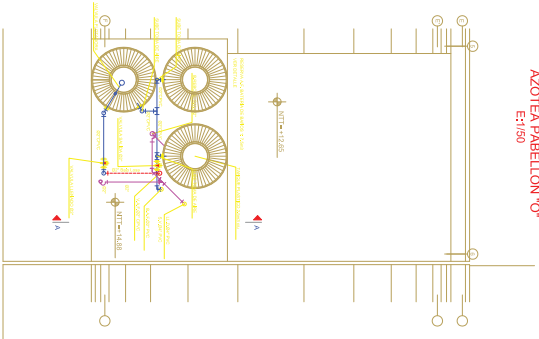


INSTALACION AGUA FRIA  
 CLINICA ODONTOLÓGICA-PABELLON O  
 PRIMERA PLANTA  
 E:1/50

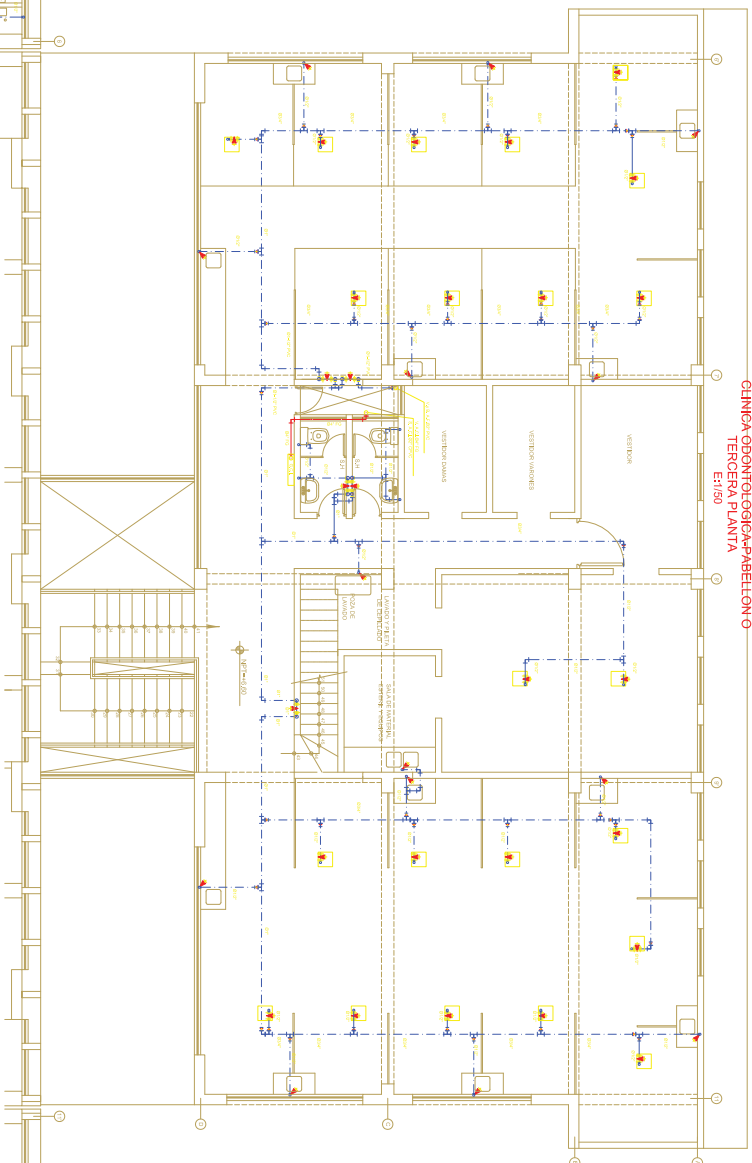
	CORPORACIÓN DE AGUAS DE MEDIANEZA S.A. INSTITUCIÓN PÚBLICA DE ECONOMÍA SOCIAL CARRER 100 N.º 100-100 BOGOTÁ D.C.	INSTITUCIONES SANITARIAS DE AGUAS FRIAS Y CALIENTES DE COLOMBIA PRIMERA PLANTA
	UNIVERSIDAD CATOLICA DE BOGOTÁ CARRER 100 N.º 100-100 BOGOTÁ D.C.	P-0 IS-01



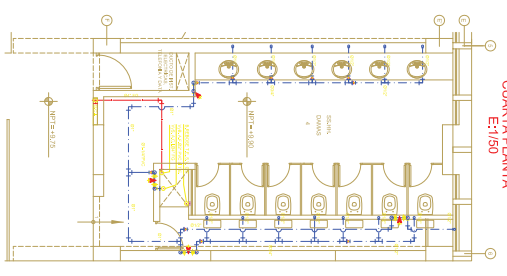
**INSTALACION TANQUES DE AGUA  
BATERIA DE BAÑOS 1  
AZOTEA PABELLON "O"  
E:1/50**



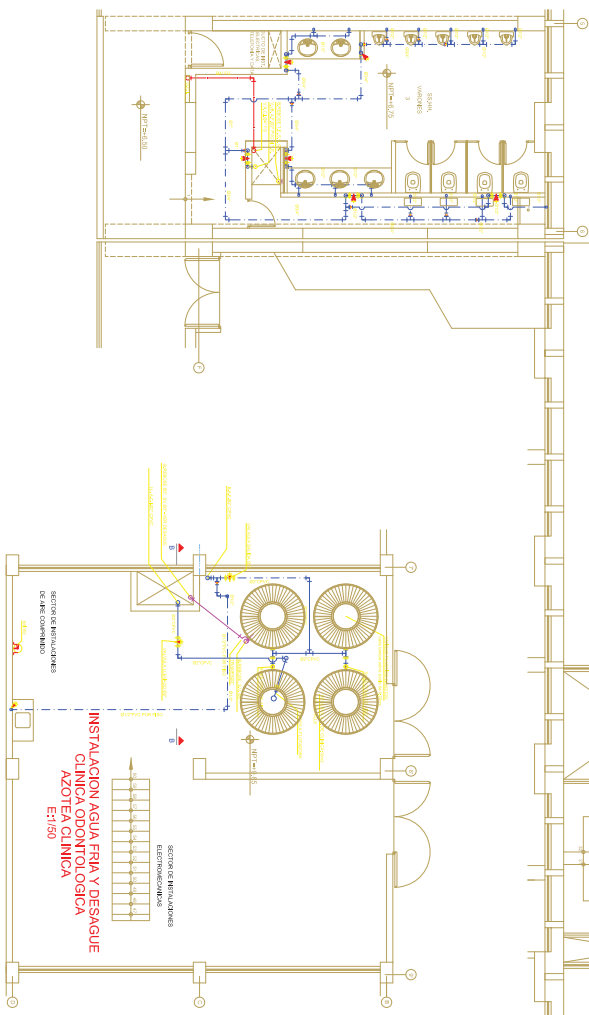
**INSTALACION AGUA FRIA  
CLINICA ODONTOLÓGICA-PABELLON-O  
TERCERA PLANTA  
E:1/50**




**INSTALACION AGUA FRIA  
BAÑO DE DAMAS 4 PABELLON "O"  
CUARTA PLANTA  
E:1/50**



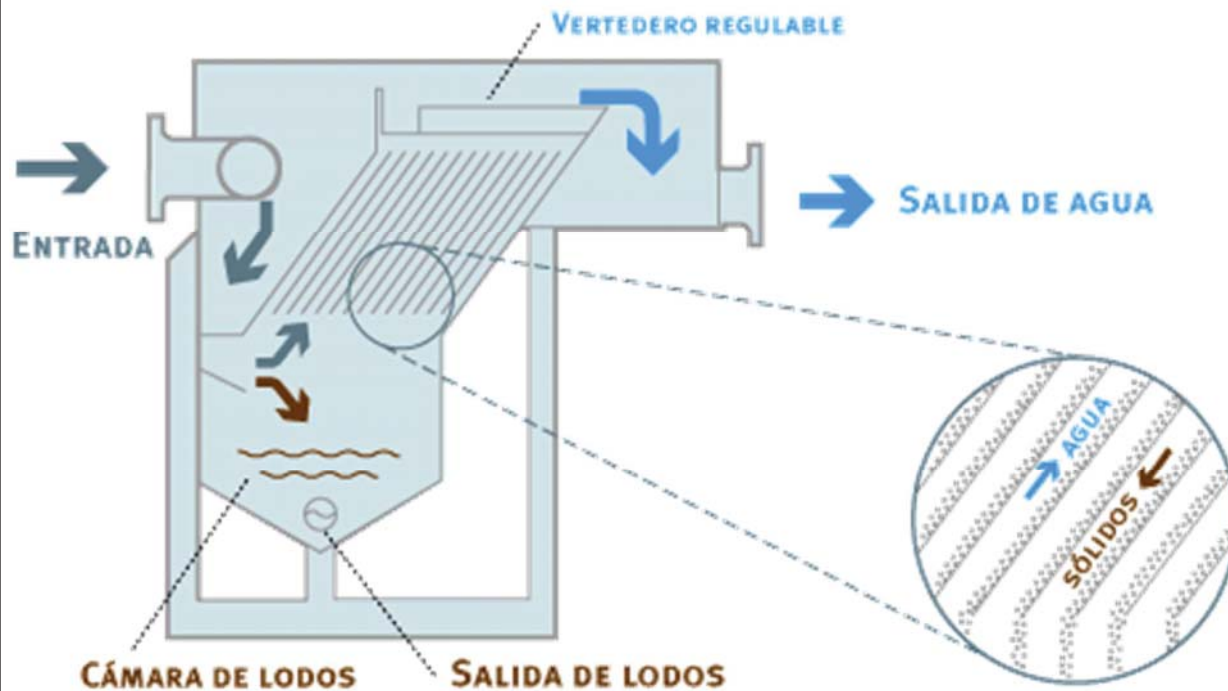
**INSTALACION AGUA FRIA Y DESAGUE  
CLINICA ODONTOLÓGICA  
AZOTEA CLINICA  
E:1/50**



 <p>UNIVERSIDAD DE CÁDIZ</p>	<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO</p> <p>UNIVERSIDAD DE CÁDIZ</p>	<p>INSTITUCIONES SANITARIAS</p> <p>AGUA FRIA Y DESAGUE</p> <p>"CLINICA ODONTOLÓGICA" TERCERA Y CUARTA PLANTA</p>
	<p>PROYECTO: 150</p> <p>FECHA: JUNIO 2005</p>	<p>PROYECTISTA: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>PROYECTISTA: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p>
<p><b>P - 0</b></p> <p><b>IS- 03</b></p>		



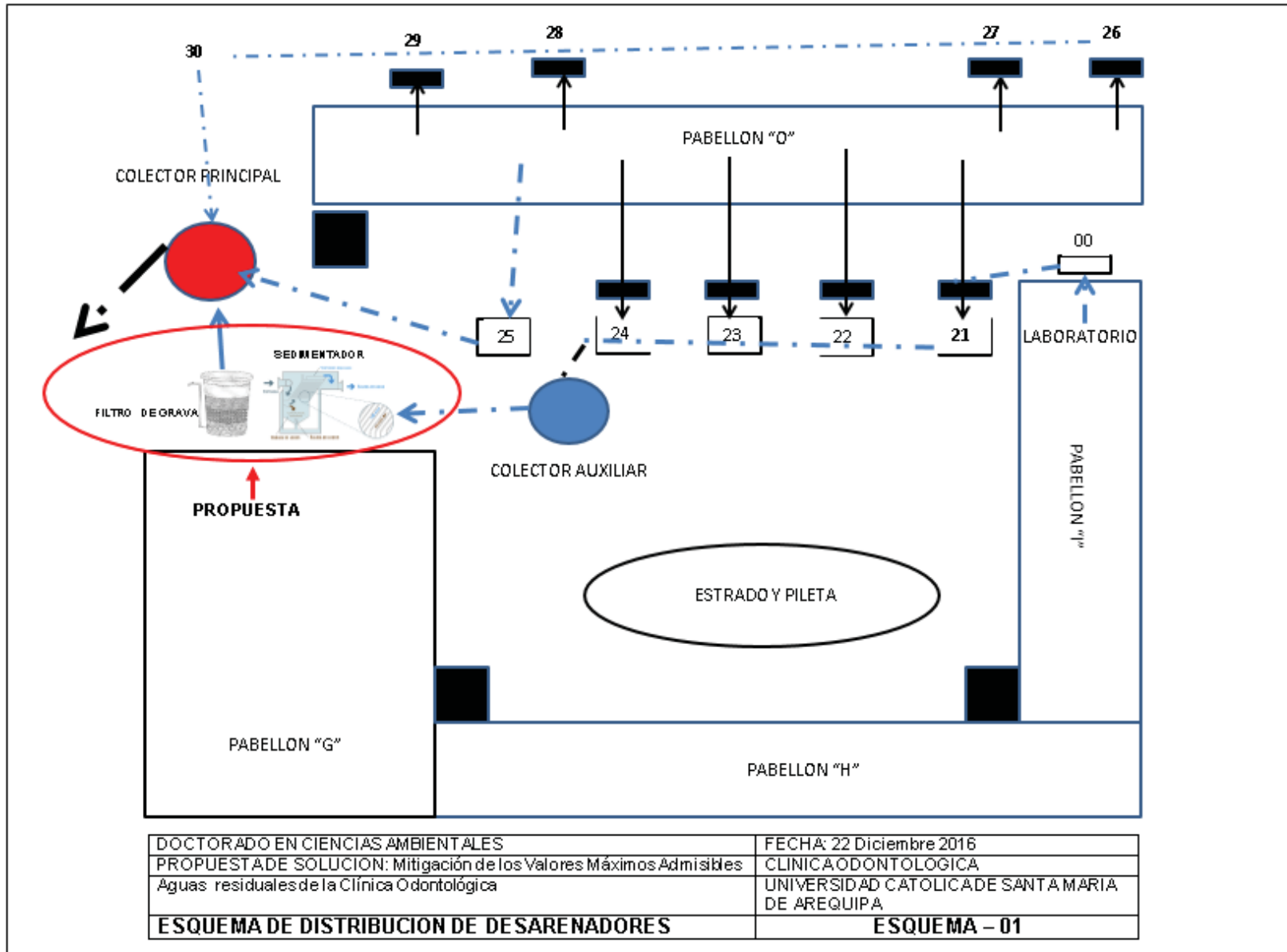




### Especificaciones Técnicas

Modelo	Area de sedimentación (x)	Caudal m <sup>3</sup> /h (z)		Peso en op. Kg
		Min.	Max.	
SPI-5/6	5	3	12	2.000
SPI-10/6	10	6	25	3.600
SPI-20/12	20	12	50	5.100
SPI-30/12	30	19	75	7.300
SPI-40/12	41	25	100	9.500
SPI-50/12	51	31	125	11.700
SPI-60/12	61	37	150	13.900
SPI-70/12	71	44	175	16.000
SPI-80/24	81	50	200	17.300
SPI-100/24	102	62	249	21.500

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES	FECHA: 22 Diciembre 2016
PROPUESTA DE SOLUCIÓN: Sedimentador en Concreto Armado	ÁREA PROPUESTA: 5m <sup>2</sup>
MODELO : SPI -5/6	VOLUMEN AROXIMADO: m <sup>3</sup> /h/(2)
	Min. 6                      Máx.: 12
	PESO EN OP: 2000Kg
<b>SEDIMENTADOR DE PLACAS INCLINADAS</b>	<b>ESQUEMA – A-02</b>



**Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario**

**DECRETO SUPREMO  
N° 021-2009-VIVIENDA**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 2° de la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, establece que es competencia del Ministerio, formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, correspondiéndole por tanto dictar normas de alcance nacional y supervisar su cumplimiento;

Que, asimismo el literal a) del Artículo 8° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA, establece que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento diseña, norma y ejecuta la política nacional y acciones del sector en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento;

Que, la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamientos, en adelante la Ley General, ha declarado que dichos servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés nacional, cuya finalidad es proteger la salud de la población y el ambiente;

Que, el Artículo 15° de la Ley General, establece que los usuarios de los servicios de saneamiento tienen la obligación de hacer uso adecuado de dichos servicios, no dañar la infraestructura correspondiente y cumplir con las normas que los Reglamentos de las entidades prestadoras establezcan; asimismo dispone que el daño o la depredación de los equipos e instalaciones de los servicios de saneamiento; así como el uso indebido de los mismos serán sancionados en la forma que establezca el Reglamento de la Ley General y las disposiciones que para el efecto dicte la Superintendencia, sin perjuicio de la responsabilidad penal que tuviese el infractor.

Que, mediante Decreto Supremo N° 023-2005 VIVIENDA se aprobó el Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, en adelante el TUO del Reglamento;

Que, el literal g) del Artículo 56° del TUO del Reglamento establece como derecho de las EPS suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes industriales que se vierten en él, no cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente, quedando la EPS facultada para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio; por otro lado el literal h) del mismo artículo dispone que en casos especiales las EPS pueden cobrar el costo adicional por las cargas en el sistema de alcantarillado que superen los límites establecidos por cada EPS en su Reglamento de Prestación de Servicios, indicando que dicho costo adicional será considerado como un servicio colateral;

Que, el tercer párrafo del Artículo 79° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece que corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado;

Que, las descargas de aguas residuales no domésticas en la red de alcantarillado sanitario contienen concentraciones elevadas de sustancias contaminantes o tóxicas que deben ser reguladas, controladas y fiscalizadas, a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos, disminuyendo los costos de su operación y mantenimiento, y evitando el deterioro de los procesos de tratamiento de las aguas residuales;

Que, por otro lado la presencia de sustancias nocivas en concentraciones elevadas en las aguas residuales que descargan a las redes de alcantarillado pone en peligro la salud de los seres humanos;

Que, es necesario regular las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro y asegurar el adecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, garantizando la sostenibilidad del tratamiento de las aguas residuales, estableciendo y aprobando para este caso Valores Máximos Admisibles (VMA) en lugar de Límites Máximos Permisibles, pues estos últimos son parámetros de orden ambiental que se aplican a las descargas de efluentes en cuerpos receptores y tiene influencia en el ecosistema y el ambiente;

Que, en ese sentido resulta necesario modificar e incorporar las disposiciones pertinentes establecidas en el TUO del Reglamento de la Ley General a fin de concordar la nomenclatura y definición de los VMA;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú, Leyes N° 26338, N° 27792, N° 29338, Decreto Supremo N° 023 2005-VIVIENDA y sus modificatorias, y demás normas pertinentes.

DECRETA:

**Artículo 1°.- Finalidad, Ámbito de aplicación y obligatoriedad de la norma**

La presente norma regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces.

**Artículo 2°.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento**

Apruébese los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, establecidos en los Anexos N° 1 y N° 2 que forman parte integrante de la presente norma.

Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en el Anexo N° 1, deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

Los parámetros contenidos en el Anexo N° 2 no pueden ser sobrepasados. En caso se sobrepase dichos parámetros, el usuario será sujeto de suspensión del servicio.

**Artículo 3°.- Definición de Valores Máximos Admisibles (VMA)**

Entiéndase por Valores Máximos Admisibles (VMA) como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

**Artículo 4°.- Pago por exceso de concentración en la descarga de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario**

Las EPS o las que hagan sus veces, podrán cobrar a los usuarios no domésticos el pago adicional, de acuerdo a la normatividad vigente, correspondiente al exceso de concentración de los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de

Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas (AyG), medidos en la caja de registro de la red de alcantarillado o un dispositivo adecuado para este proceso, conforme al procedimiento que se establecerá en el Reglamento de la presente norma.

La metodología para la determinación de los pagos adicionales por exceso de concentración respecto de los valores máximos admisibles, será elaborada y aprobada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS, en un plazo no mayor de la fecha de entrada en vigencia del Reglamento de la presente norma. Dicha metodología deberá ser incorporada en el Reglamento de Prestación de Servicios correspondiente a cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

**Artículo 5º.- Suspensión del Servicio de Alcantarillado**

Las EPS o las entidades que hagan sus veces se encuentran facultadas en virtud de la presente norma a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la SUNASS e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado en los casos que se regulen en el reglamento y que deriven de la vulneración de los anexos N°1 y N°2.

**Artículo 6º.- Caso fortuito o fuerza mayor**

Cuando por caso fortuito o fuerza mayor el usuario no doméstico efectúe descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario superando los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecido en el Anexo N° 2 de la presente norma, las EPS o las entidades que hagan sus veces, evaluarán si procede exonerar temporalmente al usuario no doméstico de los alcances del artículo 5º, de acuerdo a lo establecido en el reglamento de la presente norma.

**Artículo 7º.- Control de las aguas residuales no domésticas**

El monitoreo de la concentración de parámetros de descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, estará a cargo de las EPS o las entidades que hagan sus veces, contando para ello con la participación de laboratorios debidamente acreditados ante INDECOPI. Los pagos deberán ser asumidos por el usuario no doméstico de acuerdo al procedimiento que el ente competente establecerá concordante con la presente norma. La recolección de las muestras será realizada de manera inopinada, conforme al procedimiento establecido en el reglamento de la presente norma.

**Artículo 8º.- Actualización de los VMA**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento se encuentra autorizado a modificar los Valores Máximos Admisibles a través de una Resolución Ministerial. Para tal efecto, la Dirección Nacional de Saneamiento, evaluará y, de ser el caso, sustentará la modificación y actualización de los parámetros de los Valores Máximos Admisibles, señalados en los Anexos N° 1 y N° 2, previo análisis y estudio efectuado por las EPS o las entidades que hagan sus veces, de acuerdo a la caracterización del tipo de descarga no doméstica vertida a los sistemas de alcantarillado.

**Artículo 9º.- Prohibiciones**

Queda totalmente prohibido descargar directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad causen por sí solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconveniente en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el Reglamento de la presente norma.

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS  
FINALES**

**PRIMERA.-** La presente norma entrará en vigencia conjuntamente con la aprobación de su Reglamento, el cual será elaborado por el Ministerio de Vivienda,

Construcción y Saneamiento en un plazo máximo de trescientos sesenta y cinco (365) días calendario, contados a partir de la publicación de la presente en el Diario Oficial El Peruano.

**SEGUNDA.-** Los usuarios que a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, se encuentren efectuando descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, deberán adecuar sus descargas a las disposiciones establecidas en la presente norma, en un plazo no mayor de cinco (05) años.

En el caso de nuevos usuarios del sistema de alcantarillado sanitario las disposiciones de la presente norma serán de aplicación inmediata.

**TERCERA.-** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante Resolución Ministerial, aprobará las normas complementarias que sean necesarias, para la aplicación e implementación del presente Decreto Supremo.

**CUARTA.-** El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS  
MODIFICATORIAS**

**ÚNICA.-** Modifíquense los literales g) y h) del Artículo 56º del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA y sus modificatorias, con el texto siguiente:

**Artículo 56º.-** Son derechos de la EPS:  
(...)

g) Suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes no domésticos que se vierten en él, no cumplan con los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en la normatividad vigente. Las EPS o las entidades que hagan sus veces, quedan facultadas para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio.

h) Cobrar el costo adicional por las cargas contaminantes descargados en el sistema de alcantarillado que superen los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por la normatividad vigente. Dicho pago adicional será incorporado en el Reglamento de Prestación de Servicios de cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS  
DEROGATORIAS**

**ÚNICA.-** Deróguese todas las normas que se opongan al presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima a los diecinueve días del mes de noviembre del año dos mil nueve.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**ANEXO N° 01**

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	DBO <sub>5</sub>	500
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

**ANEXO Nº 02**

**Valores Máximos Admisibles (1)**

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr <sup>6</sup>	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Niquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2</sup>	500
Sulfuros	mg/L	S <sup>2</sup>	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH <sup>4</sup>	80
pH (2)	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables (2)	MI/L/h	S.S.	8.5
Temperatura(2)	°C	T	<35

- (1) La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, será precisada en el reglamento de la presente norma tomando como referencia el código CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas en este código, deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo.
- (2) Estos parámetros, serán tomadas de muestras puntuales. El valor de los demás parámetros, serán determinados a partir del análisis de una muestra compuesta.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD



Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratorioensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA15J15.001927E

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : AGUA RESIDUAL MUESTRA 5 prostodncia UCSCM  
Tamaño de muestra : 1000 mL  
Fecha de Recepción : 15/10/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 15/10/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 22/10/2015  
Página : 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Plata (Ag)	0,022
Aluminio (Al)	0,474
Arsénico (As)	No detectable
Boro (B)	0,174
Bario (Ba)	0,046
Berilio (Be)	No detectable
Bismuto (Bi)	0,024
Calcio (Ca)	121,5
Cadmio (Cd)	0,004
Cobalto (Co)	0,058
Cromo (Cr)	0,039
Cobre (Cu)	0,066
Hierro (Fe)	0,581
Mercurio (Hg)	0,017
Potasio (K)	0,023
Litio (Li)	588,9
Magnesio (Mg)	0,035
Manganeso (Mn)	10,42
Molibdeno (Mo)	No detectable
Sodio (Na)	0,024
Níquel (Ni)	47,23
Fosforo (P)	0,095
Plomo (Pb)	6,965
Antimonio (Sb)	0,057
Selenio (Se)	No detectable
Silicio (Si)	0,275



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA15J15.001927A ✓

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : AGUA RESIDUAL MUESTRA 1 PABELLON "O" UCSCM  
Tamaño de muestra : 1000 mL  
Fecha de Recepción : 15/10/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 15/10/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 22/10/2015  
Página : 1 de 2

I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Plata (Ag)	0,046
Aluminio (Al)	0,543
Arsénico (As)	No detectable .
Boro (B)	0,228
Bario (Ba)	0,037
Berilio (Be)	No detectable
Bismuto (Bi)	0,006
Calcio (Ca)	58,96
Cadmio (Cd)	No detectable .
Cobalto (Co)	0,007
Cromo (Cr)	0,068 .
Cobre (Cu)	0,071 .
Hierro (Fe)	0,704
Mercurio (Hg)	No detectable ✓
Potasio (K)	1004
Litio (Li)	0,024
Magnesio (Mg)	11,1
Manganeso (Mn)	No detectable .
Molibdeno (Mo)	No detectable
Sodio (Na)	46,98
Niquel (Ni)	0,018 .
Fosforo (P)	3,682
Plomo (Pb)	0,071 .
Antimonio (Sb)	0,004
Selenio (Se)	0,263
Silicio (Si)	0,234



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD



Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
Nº DE INFORME: ANA15J15.001927A ✓

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : AGUA RESIDUAL MUESTRA 1 PABELLON "O" UCSCM  
Tamaño de muestra : 1000 mL  
Fecha de Recepción : 15/10/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 15/10/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 22/10/2015  
Página : 2 de 2

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Estaño (Sn)	No detectable
Estroncio (Sr)	0,27
Titanio (Ti)	0,005
Talio (Tl)	0,059
Vanadio (V)	No detectable
Zinc (Zn)	6,013
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO mg/L) NMX-AA-030-SCFI-2001	354,05

II. ANALISIS MICROBIOLOGICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5 ppm) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA NMX-AA-028-SCFI-2001	10,24

OBSERVACIONES:

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
CQFDA 00624  
JEFE DE LABORATORIO LECC



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA15J15.001927B

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : AGUA RESIDUAL MUESTRA 2 PABELLON "O" UCSCM  
Tamaño de muestra : 1000 mL  
Fecha de Recepción : 15/10/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 15/10/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 22/10/2015  
Página : 1 de 2

I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Plata (Ag)	0,046
Aluminio (Al)	0,543 ✓
Arsénico (As)	No detectable
Boro (B)	0,228 ✓
Bario (Ba)	0,037
Berilio (Be)	No detectable
Bismuto (Bi)	0,006
Calcio (Ca)	58,96
Cadmio (Cd)	No detectable ✓
Cobalto (Co)	0,007
Cromo (Cr)	0,068 ✓
Cobre (Cu)	0,071 ✓
Hierro (Fe)	0,704
Mercurio (Hg)	No detectable
Potasio (K)	1004
Litio (Li)	0,024
Magnesio (Mg)	11,1
Manganeso (Mn)	No detectable
Molibdeno (Mo)	No detectable
Sodio (Na)	46,98
Niquel (Ni)	0,018 ✓
Fosforo (P)	3,682
Plomo (Pb)	0,071
Antimonio (Sb)	0,004
Selenio (Se)	0,263
Silicio (Si)	0,234



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD



Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA15J15.001927B

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : AGUA RESIDUAL MUESTRA 2 PABELLON "O" UCSCM  
Tamaño de muestra : 1000 mL  
Fecha de Recepción : 15/10/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 15/10/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 22/10/2015  
Página : 2 de 2

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Estaño (Sn)	No detectable
Estroncio (Sr)	0,27
Titanio (Ti)	0,005
Talio (Tl)	0,059
Vanadio (V)	No detectable
Zinc (Zn)	6,013 ✓
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO mg/L) NMX -AA-030-SCFI-2001	567,74 ✓

II. ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5 ppm) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA NMX-AA-028-SCFI-2001	10,48 ✓

OBSERVACIONES:

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA

Q.F. Ricardo Al. Abril Ramirez  
CQFDA 00624  
JEFE DE LABORATORIO LECC



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📍 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
Nº DE INFORME: ANA15J15.001927C

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreo : POR EL CLIENTE  
Descripción : LODO RESIDUAL MUESTRA 3 PABELLON "O" UCSCM  
Tamaño de muestra : 250 mL  
Fecha de Recepción : 15/10/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 15/10/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 22/10/2015  
Página : 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Plata (Ag)	3729,0
Aluminio (Al)	44100,0
Arsénico (As)	91,9
Boro (B)	No detectable
Bario (Ba)	44,2
Berilio (Be)	5,6
Bismuto (Bi)	14,3
Calcio (Ca)	34640,0
Cadmio (Cd)	14,1
Cobalto (Co)	289,7
Cromo (Cr)	1108,0
Cobre (Cu)	5237,0
Hierro (Fe)	6405,0
Mercurio (Hg)	1334,0
Potasio (K)	84280,0
Litio (Li)	79,3
Magnesio (Mg)	34750,0
Manganeso (Mn)	No detectable
Molibdeno (Mo)	242,7
Sodio (Na)	15070,0
Níquel (Ni)	2873,0
Fosforo (P)	17110,0
Plomo (Pb)	46,1
Antimonio (Sb)	15,2
Selenio (Se)	27,7
Silicio (Si)	947,8



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA15J15.001927C

**Nombre del Cliente** : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
**Dirección del Cliente** : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
**RUC** : NO DECLARA  
**Condición del Muestreado** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : LODO RESIDUAL MUESTRA 3 PABELLON "O" UCSCM  
**Tamaño de muestra** : 250 mL  
**Fecha de Recepción** : 15/10/2015  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 15/10/2015  
**Fecha de Emisión de Informe** : 22/10/2015  
**Página** : 2 de 2

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Estaño (Sn)	1788,0
Estroncio (Sr)	No detectable
Titanio (Ti)	136,1
Talio (Tl)	3,5
Vanadio (V)	201,3
Zinc (Zn)	21950,0
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO mg/L) NMX-AA-030-SCFI-2001	75044,63

II. ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5 ppm) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA NMX-AA-028-SCFI-2001	252,25

OBSERVACIONES:

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA

M. Ricardo A. Abril Ramirez  
CQFDA 00624  
JEFE DE LABORATORIO LECC



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD



Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA15J15.001927D

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : AGUA RESIDUAL MUESTRA 4 PABELLON "O" UCSCM  
Tamaño de muestra : 1000 mL  
Fecha de Recepción : 15/10/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 15/10/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 22/10/2015  
Página : 1 de 2

I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Plata (Ag)	0,658
Aluminio (Al)	0,476 ✓
Arsénico (As)	No detectable ✓
Boro (B)	0,59 ✓
Bario (Ba)	0,038
Berilio (Be)	No detectable
Bismuto (Bi)	0,022
Calcio (Ca)	142,4
Cadmio (Cd)	0,004 ✓
Cobalto (Co)	0,008
Cromo (Cr)	0,014 ✓
Cobre (Cu)	0,051 ✓
Hierro (Fe)	1,948
Mercurio (Hg)	0,006
Potasio (K)	0,009
Litio (Li)	855,5
Magnesio (Mg)	0,035
Manganeso (Mn)	3,817
Molibdeno (Mo)	No detectable
Sodio (Na)	0,003
Niquel (Ni)	32,79
Fosforo (P)	0,019
Plomo (Pb)	0,396
Antimonio (Sb)	0,047
Selenio (Se)	No detectable
Silicio (Si)	0,243



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA15J15.001927D

**Nombre del Cliente** : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
**Dirección del Cliente** : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
**RUC** : NO DECLARA  
**Condición del Muestreo** : POR EL CLIENTE  
**Descripción** : AGUA RESIDUAL MUESTRA 4 PABELLON "O" UCSCM  
**Tamaño de muestra** : 1000 mL  
**Fecha de Recepción** : 15/10/2015  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 15/10/2015  
**Fecha de Emisión de Informe** : 22/10/2015  
**Página** : 2 de 2

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Estaño (Sn)	0,001
Estroncio (Sr)	1,077
Titanio (Ti)	0,007
Talio (Tl)	0,029
Vanadio (V)	0
Zinc (Zn)	0,495 ✓
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO mg/L) NMX -AA-030-SCFI-2001	464,59 ✓

II. ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5 ppm) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA NMX-AA-028-SCFI-2001	15,33 ✓

OBSERVACIONES:

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
CQFDA 00624  
JEFE DE LABORATORIO LECC



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucscm.edu.pe 🌐 http://www.ucscm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
Nº DE INFORME: ANA15J15.001927E

Nombre del Cliente	: ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA
Dirección del Cliente	: CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO
RUC	: NO DECLARA
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA RESIDUAL MUESTRA 5 prostodoncia UCSCM
Tamaño de muestra	: 1000 mL
Fecha de Recepción	: 15/10/2015
Fecha de Inicio del Ensayo	: 15/10/2015
Fecha de Emisión de Informe	: 22/10/2015
Página	: 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Plata (Ag)	0,022
Aluminio (Al)	0,474
Arsénico (As)	No detectable
Boro (B)	0,174
Bario (Ba)	0,046
Berilio (Be)	No detectable
Bismuto (Bi)	0,024
Calcio (Ca)	121,5
Cadmio (Cd)	0,004
Cobalto (Co)	0,058
Cromo (Cr)	0,039
Cobre (Cu)	0,066
Hierro (Fe)	0,581
Mercurio (Hg)	0,017
Potasio (K)	0,023
Litio (Li)	588,9
Magnesio (Mg)	0,035
Manganeso (Mn)	10,42
Molibdeno (Mo)	No detectable
Sodio (Na)	0,024
Niquel (Ni)	47,23
Fosforo (P)	0,095
Plomo (Pb)	6,965
Antimonio (Sb)	0,057
Selenio (Se)	No detectable
Silicio (Si)	0,275



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
Nº DE INFORME: ANA15J15.001927E

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : AGUA RESIDUAL MUESTRA 5 prostodoncia UCSCM  
Tamaño de muestra : 1000 mL  
Fecha de Recepción : 15/10/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 15/10/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 22/10/2015  
Página : 2 de 2

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Estaño (Sn)	0,001
Estroncio (Sr)	1,077
Titanio (Ti)	0,007
Talio (Tl)	0,029
Vanadio (V)	No detectable
Zinc (Zn)	0,495 ✓
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO mg/L) NMX -AA-030-SCFI-2001	
	500,31 ✓

II. ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5 ppm) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA NMX-AA-028-SCFI-2001	12,52 ✓

OBSERVACIONES:

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
CQFDA 00624  
JEFE DE LABORATORIO LECC



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📠 Aptdo. 1350  
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO  
N° DE INFORME: ANA15J15.001927F

Nombre del Cliente : ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA  
Dirección del Cliente : CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO  
RUC : NO DECLARA  
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
Descripción : AGUA RESIDUAL MUESTRA 6 UCSCM  
Tamaño de muestra : 1000 mL  
Fecha de Recepción : 06/11/2015  
Fecha de Inicio del Ensayo : 06/11/2015  
Fecha de Emisión de Informe : 11/11/2015  
Página : 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Plata (Ag)	0,321
Aluminio (Al)	1,532
Arsénico (As)	No detectable
Boro (B)	0,174
Bario (Ba)	0,046
Berilio (Be)	No detectable
Bismuto (Bi)	No detectable
Calcio (Ca)	260,5
Cadmio (Cd)	0,004
Cobalto (Co)	No detectable
Cromo (Cr)	0,051
Cobre (Cu)	0,066
Hierro (Fe)	0,581
Mercurio (Hg)	0,021
Potasio (K)	0,023
Litio (Li)	125,260
Magnesio (Mg)	0,035
Manganeso (Mn)	10,42
Molibdeno (Mo)	No detectable
Sodio (Na)	0,024
Niquel (Ni)	47,23
Fosforo (P)	0,095
Plomo (Pb)	7,350
Antimonio (Sb)	0,057
Selenio (Se)	No detectable
Silicio (Si)	0,275



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📠 f. Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA15J15.001927F**

<b>Nombre del Cliente</b>	: ROLARDI MARIO VALENCIA BECERRA
<b>Dirección del Cliente</b>	: CALLE CASTILLA 126 URB MUNICIPAL CERCADO
<b>RUC</b>	: NO DECLARA
<b>Condición del Muestreado</b>	: POR EL CLIENTE
<b>Descripción</b>	: AGUA RESIDUAL MUESTRA 6 UCSCM
<b>Tamaño de muestra</b>	: 1000 mL
<b>Fecha de Recepción</b>	: 06/11/2015
<b>Fecha de Inicio del Ensayo</b>	: 06/11/2015
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	: 11/11/2015
<b>Página</b>	: 2 de 2

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
Estaño (Sn)	No detectable
Estroncio (Sr)	No detectable
Titanio (Ti)	No detectable
Talio (Tl)	0,029
Vanadio (V)	No detectable
Zinc (Zn)	2,536
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO mg/L) NMX-AA-030-SCFI-2001	1525,35

**II. ANALISIS MICROBIOLÓGICO:**

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO5 ppm) Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA NMX-AA-028-SCFI-2001	125,76

**OBSERVACIONES:**

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
CQFDA00624  
JEFE DE LABORATORIO LECC



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad