

**REFERENTES LATINOAMERICANOS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS  
RESIDUALES DE ORIGEN URBANO**

**Daniela Gómez Martínez**

**Universidad Católica de Manizales**

**Facultad de Ingeniería y Arquitectura**

**Programa de Ingeniería ambiental**

**Manizales**

**2018**

**REFERENTES LATINOMERICANOS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS  
RESIDUALES DE ORIGEN URBANO**

**Daniela Gómez Martínez**

**Trabajo de grado dirigido por:**

**Javier Mauricio Naranjo Vasco**

**Docente investigador**

**Universidad Católica de Manizales**

**Facultad de Ingeniería y Arquitectura**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Manizales**

**2018**

## **PAGINA DE RECONOCIMIENTO**

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión del Docente Javier Mauricio Naranjo Vasco, a quien quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento por hacer posible la realización de este proyecto, además de agradecer su gran acompañamiento, paciencia y dedicación recibida durante el proceso.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>OBJETIVOS</b> .....	10
<b>METODOLOGÍA</b> .....	11
<b>RESULTADOS</b> .....	12
UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	12
CLIMA .....	13
DEMOGRÁFIA.....	13
DIVISIÓN POLITICA DE MÉXICO .....	14
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN MÉXICO.....	17
PERÚ .....	27
UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	27
CLIMA .....	27
DEMOGRAFÍA.....	28
DIVISIÓN POLÍTICA DE PERU .....	28
NORMATIVA AMBIENTAL PERUANA .....	29
TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN PERÚ.....	31
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b> .....	37
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	47
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	48

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de México .....	12
Figura 2 Mapa climatológico de México .....	13
Figura 3 Gráfica de censos de población y vivienda para México .....	14
Figura 4 División política de México .....	14
Figura 5 Número de plantas por proceso .....	18
Figura 6 PTAR norte y sur, CIUDAD DE JUÁREZ, CHIHUAHUA ( <b>Fuente: (aqualia)</b> ).....	19
Figura 7 Diagrama de procesos de la PTAR ciudad Juárez, chihuahua .....	20
Figura 8 PTAR POCITOS, AGUAS CALIENTES (Fuente: (ESTADO)).....	21
Figura 9 Diagrama de procesos de la PTAR POCITOS .....	22
Figura 10 PTAR TUCHTLÁN Fuente: (EPM) .....	23
Figura 11 Diagrama de procesos de la PTAR TUCHTLÁN .....	24
Figura 12 PTAR PASO LIMÓN Fuente: (EPM).....	25
Figura 13 Diagrama de procesos de la PTAR PASO LIMÓN .....	26
Figura 14 Ubicación geográfica de Perú Fuente: (Perú).....	27
Figura 15 Climatología de PERÚ Fuente: (Senhami).....	27
Figura 16 PIRÁMIDE DE POBLACIÓN CENSADA, 1993 Y 2007.....	28
Figura 17 División política de PERÚ Fuente: (monografias.com).....	29
Figura 18 Tecnologías más usadas en el tratamiento de aguas residuales urbanas Fuente: (SUNASS).....	33
Figura 19 PTAR PUENTE PIEDRA Fuente: (Sedapal).....	34
Figura 20 Diagrama de procesos de la PTAR Puente Piedra.....	35
Figura 21 Numero de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas por municipio .....	41
Figura 22 Porcentaje de cobertura por municipio .....	42
Figura 23 Porcentaje de tecnologías más usadas por PTAR.....	43

## **TABLA DE TABLAS**

Tabla 1 Normativa Colombiana para el recurso hídrico .....	6
Tabla 2 Normativa ambiental Mexicana.....	16
Tabla 4 Número de plantas de tratamiento de aguas residuales por cada estado .....	17
Tabla 5 Contextualización Ciudad Juárez, Chihuahua .....	19
Tabla 6 Datos de interés PTAR Ciudad Juárez, Chihuahua .....	20
Tabla 7 Contextualización Ejido Pocitos, Aguas calientes.....	21
Tabla 8 Datos de interés de la PTAR Pocitos .....	23
Tabla 9 Contextualización Tuxtla, Gutiérrez .....	23
Tabla 10 Datos de interes de la PTAR Tuchtlán.....	24
Tabla 11 Contextualización Tuxtla, Gutiérrez.....	25
Tabla 12 Normativa ambiental Peruana.....	29
Tabla 13 Limites máximos permisibles para vertimientos a cuerpos de agua.....	30
Tabla 14 Número de localidades con PTAR por EPS .....	31
Tabla 15 Principales localidades sin tratamiento de aguas residuales.....	32
Tabla 16 Contextualización Lima, Perú.....	34
Tabla 17 Datos de interés PTAR Puente Piedra .....	36
Tabla 18 Normativa ambiental de COLOMBIA, MÉXICO Y PERÚ.....	37
Tabla 19 Numero de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas nacionales .....	40
Tabla 20 Porcentaje de cobertura de saneamiento a nivel municipal nacional.....	41
Tabla 21 Porcentaje de tecnologías más usadas por número de PTAR.....	43
Tabla 22 Ventajas y desventajas de las tecnologías más usadas .....	44
Tabla 23 Costos de inversión y operación de las tecnologías mas usadas.....	45

## **RESUMEN**

El presente trabajo introduce a la revisión bibliográfica de tratamiento de aguas residuales urbanas en México y Perú, los cuales fueron identificados como referentes En dichos procesos debido a su amplia experiencia en el tema. La revisión tiene como fin principal, realizar un análisis que permita dar una comparación base para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en la ciudad de Manizales.

Consiguiente a esto, se encuentran temas relacionados que nos llevan a la contextualización general de los países expuestos, tecnologías con mayor uso en tratamiento de aguas residuales de origen urbano, cobertura de saneamiento, entre muchos otros temas de interés en el área expuesta.

Lo anterior favoreció al análisis de la información investigada en comparación a la información con que cuenta Colombia, con el fin de dar un panorama general de cómo se sitúa nuestro país a nivel de saneamiento. Temas como la contextualización de aspectos climáticos, topográficos, económicos y crecimiento poblacional de los lugares donde se sitúan las plantas de tratamiento de agua residual de origen urbano estudiadas, y el análisis de ventajas y desventajas de las distintas tecnologías más comunes entre los países nombrados, nos permitieron concluir alternativas viables para la ciudad de Manizales en aras a la construcción de la planta de tratamiento de agua residual urbana.

**PALABRAS CLAVES:** tecnologías, referentes, procesos , planta de tratamiento de agua residual, eficiencia y proceso.

## **ABSTRACT**

This document introduces the bibliographic review of urban wastewater treatment in Brazil and Chile, which were identified as references in these processes due to their extensive experience in the subject. The main purpose of the review is to perform an analysis that allows a base comparison for the construction of the wastewater treatment plant (WWTP) in the city of Manizales.

Consequent to this, there are related issues that lead us to the general contextualization of the exposed countries, technologies with greater use in wastewater treatment of urban origin, sanitation coverage, among many other topics of interest in the exposed area.

The foregoing favored the analysis of the information researched in comparison with the information available in Colombia, in order to give an overview of how our country is in terms of sanitation. Issues such as the contextualization of climatic, topographic, economic and population growth aspects of the places where wastewater treatment plants of urban origin are located, and the analysis of advantages and disadvantages of the most common technologies among the named countries, they allowed us to conclude viable alternatives for the city of Manizales for the construction of the urban wastewater treatment plant.

**KEYWORDS:** technologies, references, wastewater treatment plant, efficiency and proces



## INTRODUCCIÓN

En el mundo la demanda de agua dulce está en constante aumento y los escasos recursos hídricos se ven cada vez más exigidos por la alta tasa de natalidad, factor que conlleva a la captación excesiva de la misma lo cual trae consigo la generación de aguas residuales que en su mayoría poseen una alta carga contaminante, convirtiéndose en una problemática ambiental de grandes magnitudes, ya que generalmente estas son vertidas a las fuentes hídricas sin ningún tratamiento previo, afectando significativamente su calidad y disponibilidad. (UNESCO, AGUAS RESIDUALES EL RECURSO DESAPROVECHADO., 2017)

Según la OMS el saneamiento es fundamental para proteger la salud pública y es por esta razón que en los objetivos del desarrollo del milenio plantean la reducción del porcentaje de personas que carecen del acceso sostenible al agua potable y saneamiento básico (OMS, 2017)

La inadecuada o inexistente recolección, tratamiento y disposición de los vertimientos generados por actividades como la agricultura y la industria, y de las aguas residuales de origen doméstico en el país han generado en forma sucesiva e incremental, problemas de salubridad y de calidad del agua en varias regiones (PMAR, 2004). Para evitar la problemática expuesta y mejorar el acceso a servicios de saneamiento básico se creó dentro del marco legal colombiano, políticas y normativas orientadas a la gestión del recurso hídrico.

A continuación se incluyen las principales normas vigentes relacionadas con la gestión integral del recurso hídrico y que son relevantes para su uso, protección, conservación y manejo.

Tabla 1 Normativa Colombiana para el recurso hídrico

NORMATIVA	OBJETO
Decreto 1076 de 2015	El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular

NORMATIVA	OBJETO
	<p>el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores. (Colombia P. d., 2015)</p>
<p>Decreto 1077 de 2015</p>	<p>El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio tendrá como objetivo primordial lograr, en el marco de la ley y sus competencias, formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano planificado del país, la consolidación del sistema de ciudades, con patrones de uso eficiente y sostenible del suelo, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y financiación de vivienda, y de prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico. (Colombia P. d., 2015)</p>
<p>Ley 99 de 1993</p>	<p>Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. (Colombia E. c., 1993)</p>
	<p>La presente Resolución reglamenta los</p>

NORMATIVA	OBJETO
RAS 2017	requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. (Colombia E. P., 2014)
Resolución 631 de 2015	La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. (SOSTENIBLE, 2015)
Decreto 1287 de 2014	El presente decreto tiene por objeto establecer los criterios para el uso de los Biosólidos producidos a partir de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. (Colombia E. P., 2014)
Resolución 1433 de 2014	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. (LA MINISTRA DE AMBIENTE, 2004)

Cabe resaltar que una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) es un sistema donde se llevan a cabo una serie de procesos físicos, químicos y biológicos dirigidos a la reducción de contaminantes de distintos caracteres.

La ciudad de Manizales no cuenta con una planta de tratamiento que permita dar el manejo adecuado a las aguas residuales urbanas, lo cual se convierte en una problemática ambiental significativa. Debido a esto, el estado de los efluentes principales como la quebrada olivares y la quebrada Manizales presentan altos índices de contaminación reflejado en sus propiedades físico – química. Teniendo en cuenta la importancia del proyecto se hace indispensable realizar una búsqueda de información, referente a los resultados y percepciones obtenidos por otros países en la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de mostrar la viabilidad de los factores que influyen de manera directa en la construcción y eficacia de una PTAR.

De acuerdo a la información obtenida mediante la comparación de revisiones bibliográficas de los países referentes en tratamiento de aguas residuales urbanas , la eficiencia de las tecnologías están sujetas a parámetros poblaciones, climáticos, topográficos, económicos y tecnológicos, que de ser implementados de una manera incorrecta pueden afectar significativamente el funcionamiento de una PTAR; es por esto que antes de poner en marcha el proyecto se deben de realizar estudios de factibilidad mediante herramientas investigativas que permitan hacer una comparación de los factores expuestos anteriormente.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Conocer el estado en que se encuentra el saneamiento básico en México y Perú como referentes internacionales para proyectos de diseño y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas en Manizales.

### **ESPECIFICOS**

- ❖ Identificar documentos técnicos, guías, normativas, políticas asociadas a la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas en México y Perú.
- ❖ Realizar análisis de la información secundaria (Documentos técnicos, guías, normativas, políticas)
- ❖ Realizar una comparación entre los países referentes y Colombia.

## **METODOLOGÍA**

### **OBJETIVO 1**

Revisión bibliográfica de documentos técnicos encontrados en distintas bases de datos y páginas, esto con el fin de obtener información de interés que nos permitió llegar a un análisis sobre las experiencias internacionales en el tratamiento de aguas residuales de origen urbano.

### **OBJETIVO 2**

indagación temas generales informativos relacionados con la contextualización de cada país (clima, economía, demografía, entre otros.), normativa ambiental relacionada con el recurso hídrico (Vertimientos), plantas de tratamiento de agua residual de origen urbano, Porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas residuales urbanas, tecnologías usadas, tratamiento de lodos, y algunos ejemplos plantas construidas en dichos países.

### **OBJETIVO 3**

Este objetivo se desarrolló haciendo un análisis comparativo de:

- ❖ Parámetros normativos sobre límites máximos permisibles de vertimientos de aguas residuales urbanas en los países referentes con la normatividad Colombiana.
- ❖ Porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas residuales urbanas.
- ❖ Número de plantas de aguas residuales.
- ❖ Tecnologías usadas para dicho tratamiento.

## RESULTADOS

### MÉXICO

#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA



Figura 1 Ubicación geográfica de México

**Fuente:** (Martinez)

México se encuentra localizado en América del Norte, limitando al norte con Estados Unidos de América, al Sur y Oeste con el océano Pacífico, al Este con el Golfo de México y el mar Caribe, y al Sureste con Guatemala y Belice. (Martinez)

## CLIMA

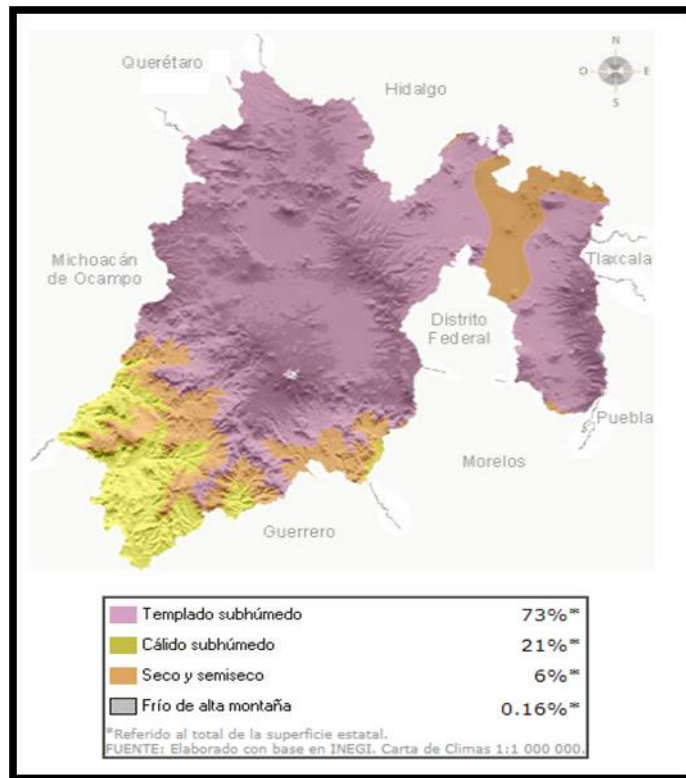


Figura 2 Mapa climatológico de México

**Fuente:**(INEGI)

En una gran parte del territorio mexicano el clima predominante es el templado subhúmedo, al suroeste del país el clima es cálido, el 6% seco y semiseco, presente en el noreste, y 0.16% clima frío, localizado en las partes altas de los volcanes. (INEGI, 2015).

## DEMOGRÁFIA

México está ubicado en la parte meridional de América del Norte, con un territorio de 1 964 375 km<sup>2</sup>, su población está estimada alrededor de 119 millones de personas ubicándolo en el puesto 11 de los países más poblados.



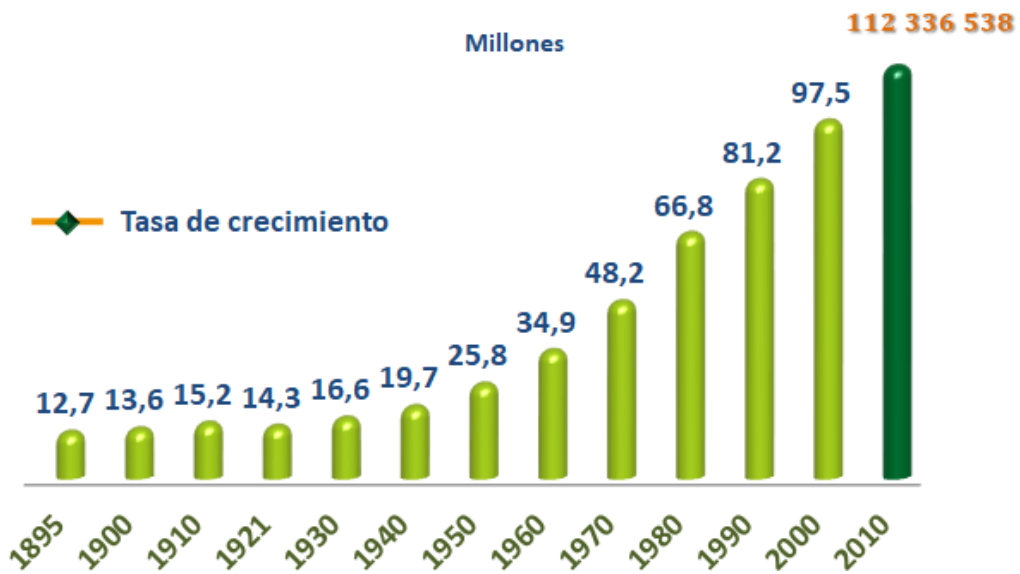


Figura 3 Gráfica de censos de población y vivienda para México

Fuente: (INEGI)

La grafica permite evidenciar que durante los años 1910,1921 y 1930 el aumento de la población fue nulo, a partir de 1940 se comenzó a presentar un incremento significativo en la población, alcanzando en el año 2015 119.938.473 habitantes. (INEGI)

### DIVISIÓN POLITICA DE MÉXICO



Figura 4 División política de México

Fuente: (Para todo México)

Con el fin de gobernar, organizar y administrar su territorio, México se divide en 32 Entidades Federativas, los cuales son considerados como estados libres y soberanos a los que se les reconoce el derecho de dotarse de una constitución y cuerpos de gobierno propios. (Para todo México)

## PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DEL AGUA EN MÉXICO

México posee grandes problemáticas referentes al recurso hídrico, esto se debe principalmente a que la distribución geográfica del agua no coincide con la distribución geográfica de la población. No obstante la calidad del agua en términos de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) es mala; solo el 44,1% del agua superficial presenta una buena calidad; el otro 22,7% del agua se encuentra fuertemente contaminada y el 33,2% tiene una calidad aceptable. Si bien el 92.0% de la población tiene acceso al servicio público de agua potable, dicho porcentaje disminuye dramáticamente cuando se considera su calidad. (Consejo consultivo del agua, A.C)

## NORMATIVA MEXICANA AMBIENTAL

Las Normas Mexicanas (NMX) son regulaciones técnicas de aplicación voluntaria expedidas por la Secretaría de Economía, las cuales prevén para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado. (gob.mx)

## NORMAS A NIVEL FEDERAL

Tabla 2 Normativa ambiental Mexicana

<b>NORMA</b>	<b>OBJETO</b>
NOM-001-SEMARNAT-1996	Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos.
NOM-003-SEMARNAT-1997	Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso.
NOM-004-SEMARNAT-1994	Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana.

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN MÉXICO

En México los usos del agua se clasifican en consuntivos y no consuntivos. La contaminación de los cuerpos de agua es producto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola, pecuario o minero. A finales del año 2010, más de 70% de los cuerpos de agua del país presentaba algún indicio de contaminación. (Estadísticas del agua en México, edición 2011)

Para el año 2013 en México existían 2.287 plantas de tratamientos de aguas residuales en operación lo que equivalía a un 50,2% del agua residual generada. Al final de 2014 el número de plantas aumento a 2.337 lo cual permitió incrementar la cobertura nacional de tratamiento de aguas residuales urbanas a un 52,7%. (Agua C. N., 2015)

Tabla 3 Número de plantas de tratamiento de aguas residuales por cada estado

<b>ESTADO</b>	<b>NUMERO DE PLANTAS</b>
AGUAS CALIENTES	111
BAJA CALIFORNIA	38
BAJA CALIFORNIA SUR	27
CAMPECHE	20
COAHUILA DE ZARAGOZA	21
COLIMA	60
CHIAPAS	33
CHIHUAHUA	168
DISTRITO FEDERAL	29
DURANGO	178
GUANAJUATO	72
GUERRERO	60
HIDALGO	24
JALISCO	119
ESTADO DE MEXICO	148
MICHOACAN DE OCAMPO	38
MORELOS	48

ESTADO	NUMERO DE PLANTAS
NAYARIT	68
NUEVO LEON	61
OAXACA	69
PUEBLA	71
QUERETARO DE ARTEAGA	46
QUINTANA ROO	35
SAN LUIS DE POTOSI	38
SINALOA	243
SONORA	82
TABASCO	80
TAMAULIPAS	44
TLAXCALA	56
VERACRUZ IGNACIO DE LA LLAVE	101
YUCATAN	26
ZACATECAS	70

**Fuente:** (Agua C. N., 2015)

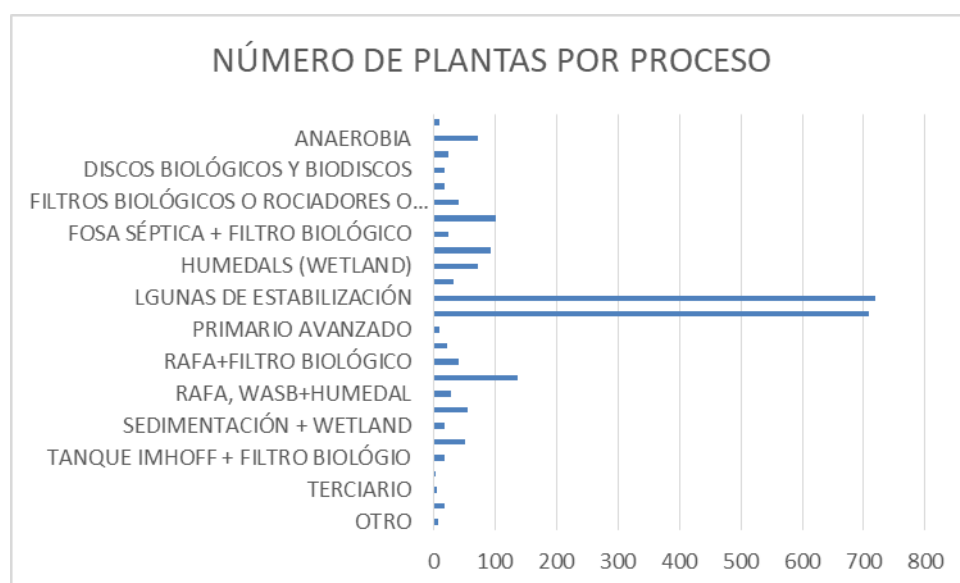


Figura 5 Número de plantas por proceso

**Fuente:** (Agua C. N., 2015)

Los procesos más utilizados en las plantas de tratamientos de aguas residuales son lodos activados y las lagunas de estabilización, esto debido principalmente a la alta eficiencia de remoción de carga orgánica que presentan ambos procesos.

### PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NORTE Y SUR, CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA.



Figura 6 PTAR norte y sur, CIUDAD DE JUÁREZ, CHIHUAHUA (**Fuente: (aqualia)**)

### CONTEXTUALIZACIÓN

Tabla 4 Contextualización Ciudad Juárez, Chihuahua

<b>UBICACIÓN</b>	<b>DEMOGRAFIA</b>	<b>TEMPERATURA</b>
Ciudad de Juárez , Chihuahua	1.391.180 habitantes	Promedio (16,7 °C)

Fuente: (gob.mx)

## DESCRIPCIÓN

El tratamiento primario avanzado fue el proceso que se utilizó para el diseño, construcción y operación tanto de la planta de tratamiento del norte como la del sur. Dicho proceso involucra:

Etapas

- ✓ Sedimentación.
- ✓ Desbaste de gruesos.
- ✓ Tratamiento por clarifloculación.
- ✓ Desinfección final con cloro de las dos plantas.

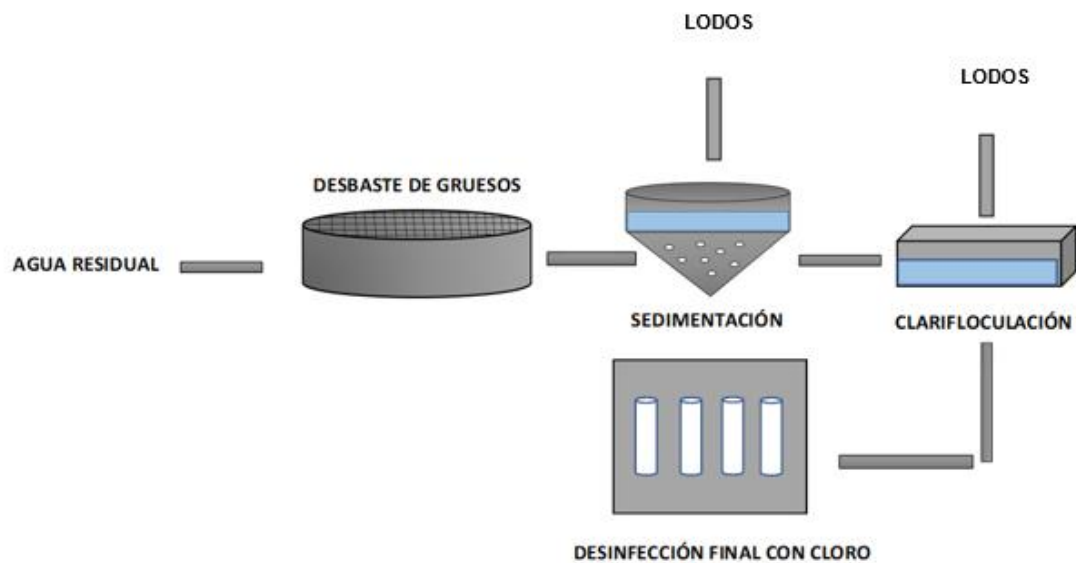


Figura 7 Diagrama de procesos de la PTAR ciudad Juárez, Chihuahua

Datos de interés de la PTAR

Tabla 5 Datos de interés PTAR Ciudad Juárez, Chihuahua

AREA	CAUDAL DE DISEÑO	CAUDAL DE DISEÑO
------	------------------	------------------

	<b>PTAR NORTE</b>	<b>PTAR SUR</b>
23.6 ha	2.5 m <sup>3</sup> /s	1 m <sup>3</sup> /s - 3.5 m <sup>3</sup> /s

## PLANTA POCITOS, AGUAS CALIENTES



Figura 8 PTAR POCITOS, AGUAS CALIENTES (Fuente: (ESTADO))

## CONTEXTUALIZACIÓN

Tabla 6 Contextualización Ejido Pocitos, Aguas calientes

<b>UBICACIÓN</b>	<b>TEMPERATURA</b>
Ejido pocitos, Aguascalientes	Promedio (17 °C)

Fuente: (PueblosAmerica.com)

## DESCRIPCIÓN

La planta de aguas residuales está ubicada en ejido pocitos, municipio de aguas calientes; para su funcionamiento se realizan los siguientes procesos:

### 1. PRETRATAMIENTO



- ✓ Rejillas o cribas
- ✓ Canal parshall.
- ✓ Canales desarenadores
- ✓ Tanque de homogenización

## 2. TRATAMIENTO BIOLÓGICO

- ✓ Proceso biológico
- ✓ Tecnología de aireación extendida de alta eficiencia
- ✓ Proceso para nitrógeno amoniacal

## 3. SEDIMENTACIÓN

## 4. DESINFECCIÓN

## 5. TRATAMIENTO DE LODOS

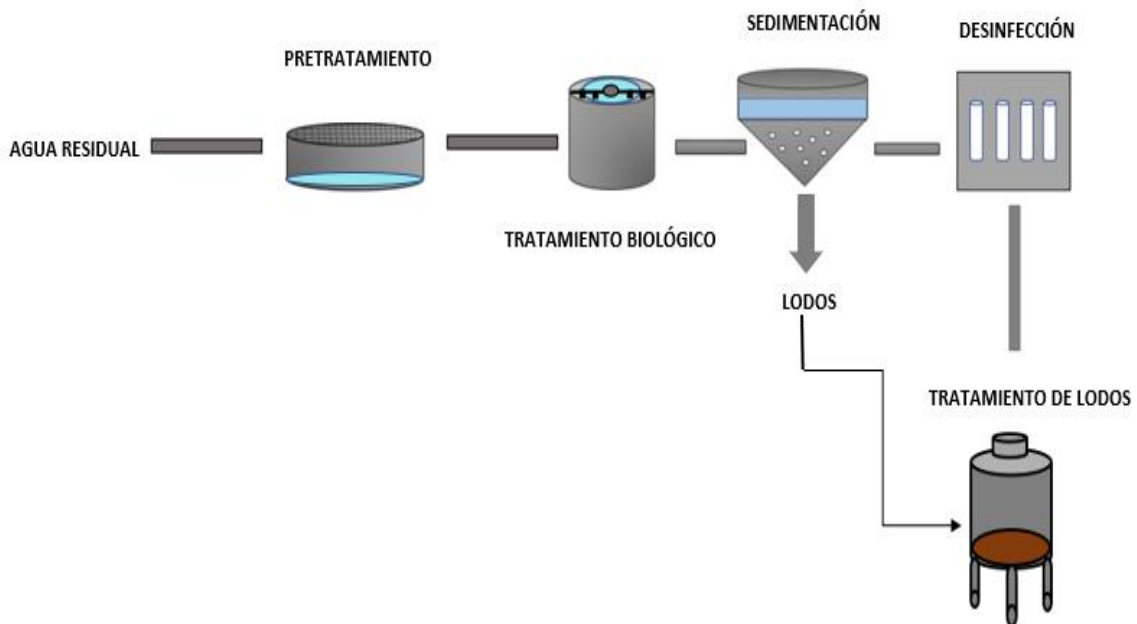


Figura 9 Diagrama de procesos de la PTAR POCITOS

Datos de interés de la PTAR

Tabla 7 Datos de interés de la PTAR Pocitos

<b>CAPACIDAD INSTALADA</b>	<b>AREA</b>
486 l/s	1.301.44 km2

### PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) “TUCHTLÁN



Figura 10 PTAR TUCHTLÁN Fuente: (EPM)

### CONTEXTUALIZACIÓN

Tabla 8 Contextualización Tuxtla, Gutiérrez

<b>UBICACIÓN</b>	<b>DEMOGRAFIA</b>	<b>TEMPERATURA</b>
Tuxtla, Gutiérrez	553.374 habitantes	Promedio (25,4°C)

Fuente: (gob.mx)

## PROCESO DE LA PTAR TUCLÁN

Etapas del proceso que reciben las aguas antes de que éstas sean descargadas al Río Sabinal, mismas que se describen a continuación:

### Pretratamiento

- ✓ Cárcamo de aguas crudas y cribas gruesas
- ✓ Desarenado
- ✓ Cribas finas

### Tratamiento Biológico

- ✓ Reactor aerobio
- ✓ Reactor Aerobio (Difusores de aire)
- ✓ Clarificador
- ✓ Desinfección

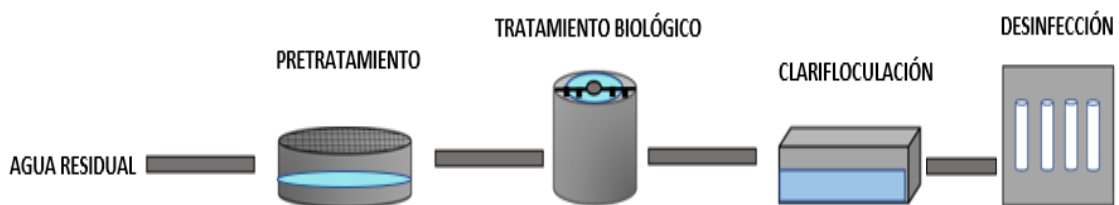


Figura 11 Diagrama de procesos de la PTAR TUCHTLÁN

Datos de interés de la PTAR

Tabla 9 Datos de interes de la PTAR Tuchtlán

<b>COBERTURA DE POBLACIÓN</b>	<b>FAMILIAS BENEFICIADAS</b>	<b>CAPACIDAD DE TRATAMIENTO</b>	<b>LODOS ACTIVADOS</b>
---------------------------------------	----------------------------------	---	----------------------------

150 mil 260 habitantes	35 mil 360	320 l/s	Lodos activados
------------------------	------------	---------	-----------------

## PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PASO LIMÓN



Figura 12 PTAR PASO LIMÓN Fuente: (EPM)

## CONTEXTUALIZACIÓN

Tabla 10 Contextualización Tuxtla, Gutiérrez

UBICACIÓN	DEMOGRAFIA	TEMPERATURA
Tuxtla, Gutiérrez	5,217,908 habitantes	Máximo(32°C) Mínima(19.5°C) Promedio (25.8°C)

Fuente : (inafed.gob.mx)

A continuación se describen las etapas del proceso:

- ✓ Filtros biológicos (Capacidad 800 l/s)
- ✓ Rejillas y desarenador
- ✓ Sedimentador primario
- ✓ Digestor de lodos

- ✓ Secado de lodos
- ✓ Filtro prensa de bandas
- ✓ Disposición final
- ✓ Filtro rociador
- ✓ Sedimentador secundario
- ✓ Tanque de contacto de cloro (Gas cloro)
- ✓ Disposición final (Río Sabinal)

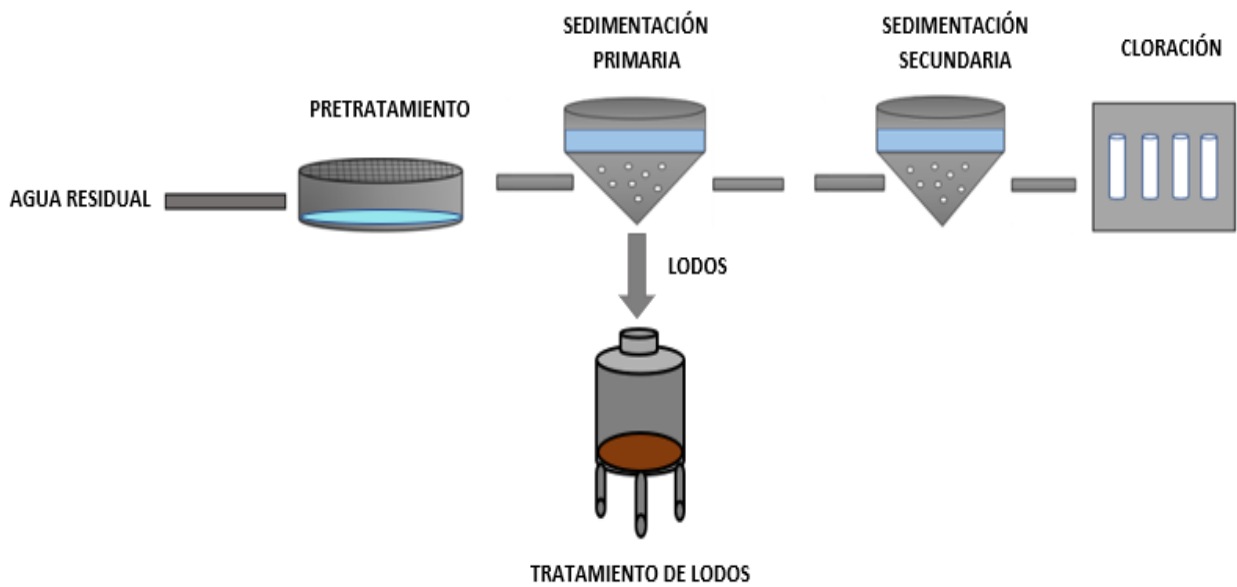


Figura 13 Diagrama de procesos de la PTAR PASO LIMÓN

# PERÚ

## UBICACIÓN GEOGRAFICA



Figura 14 Ubicación geográfica de Perú Fuente: (Perú)

Perú se encuentra localizado en la parte occidental y central de América del Sur. Su territorio limita por el norte con el Ecuador, Colombia, por el este con el Brasil y Bolivia y por el sur con Chile; y tiene una extensión de 1'285,216 km<sup>2</sup>. (Perú)

## CLIMA

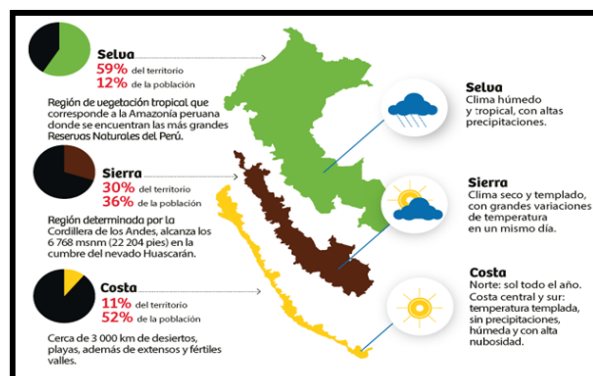


Figura 15 Climatología de PERÚ Fuente: (Senhami)

El Perú está formado por ocho regiones naturales: Chala o costa, yunga, quechua, suni, puna, janca o cordillera, selva alta y selva baja. En éstas se presentan una diversidad de climas y microclimas que van desde lo costero árido y cálido, pasando por los valles interandinos de tipo templado, frígido y polar hasta los de tipo cálido y lluvioso de la selva. (Senhami)

## DEMOGRAFÍA

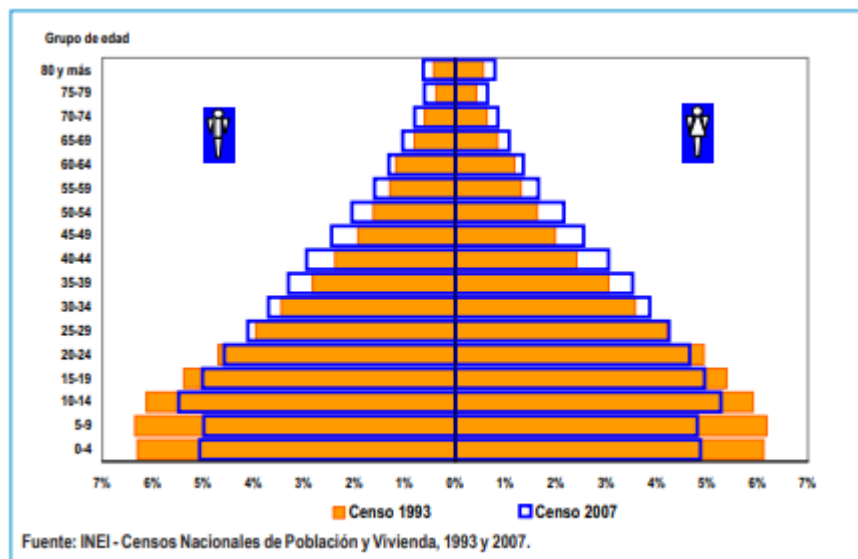


Figura 16 PIRÁMIDE DE POBLACIÓN CENSADA, 1993 Y 2007

Fuente: (INEI, 2007)

De acuerdo con el censo peruano de 2007 la población de Perú en este año ascendía a 28 220 764 habitantes, con una densidad promedio de 21,95 hab/km<sup>2</sup>. La población estimada para 2012 fue de 30 135 875 habitantes con una densidad de 23,44 hab/km<sup>2</sup>. (INEI, 2007)

DIVISIÓN POLÍTICA DE PERU



Figura 17 División política de PERÚ Fuente: (monografias.com)

Perú está dividido en 25 regiones incluido el callao, estas regiones se encuentran divididos en 194 provincias: Estas, a su vez, se encuentran divididas en 1624 distritos, dentro de las cuales se hallan gobernaciones, anexos, caseríos y urbanizaciones. (INEI, 2007)

### NORMATIVA AMBIENTAL PERUANA

Tabla 11 Normativa ambiental Peruana

NORMATIVA	OBJETO
Plan nacional de acción ambiental (PLANAA) - PERÚ 2011-2021	Contiene las metas prioritarias en materia ambiental que el país debe lograr en los próximos diez años
Ley de recursos hídricos	Los capítulos VI y VII de la Ley de Recursos Hídricos tratan sobre la regulación del vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas
Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto	Establece los valores máximos admisibles para vertimiento de aguas residuales



<b>NORMATIVA</b>	<b>OBJETO</b>
Supremo N.º 003-2011-VIVIENDA	
Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM	Establece los límites máximos permisibles (LMP) para vertimientos a cuerpos de agua
Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM.	Establece los estándares de calidad de agua (ECA)

Tabla 12 Límites máximos permisibles para vertimientos a cuerpos de agua

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
ACEITES Y GRASAS	mg/L	20
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	10.000
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN 5 DÍAS (DBO5)	mg/L	101
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	201
PH		6,5-8,5
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mg/L <sup>2</sup>	150
TEMPERATURA	*C	>35

**Fuente:** (MINAM)

## TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN PERU

Dentro del ámbito de la EPS, en promedio, 2,59 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales son vertidas al alcantarillado y requieren tratamiento antes de su disposición en el medio ambiente o su reúso. De las 253 localidades del ámbito de las EPS, 89 no cuentan con tratamiento de aguas residuales, por lo que el agua residual cruda de estas localidades se vierte directamente a los ríos, mares, pampas o drenes. En las 164 localidades restantes, todas o parte de las aguas residuales vertidas al alcantarillado son conducidas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales. (SUNASS, 2007)

Tabla 13 Número de localidades con PTAR por EPS

<b>NÚMERO DE LOCALIDADES CON PTAR</b>	<b>EPS</b>
48	SEDAPAL S. A
22	EPS GRAU S. A
21	EPSEL S. A
11	SEDAPAR S. A
13	AGUAS DE TUMBES
12	SEDALIB S. A
7	SEMAPACH S. A
3	EMAPICA S. A
3	SEDA CHIMBOTE S. A
1	EPS TACNA S.A
1	EPS SEDALORETO S.A
2	EPSASA
2	EMSA PUNO S. A
1	EPS SEDACUSCO S. A
1	SEDAJULIACA S. A
2	EMAPA CAÑET S. A
5	EPS SELVA CENTRAL S. A
1	EMAPA SAN MARTIN S. A
3	EMAPISCO S. A

<b>NÚMERO DE LOCALIDADES CON PTAR</b>	<b>EPS</b>
2	EPS MARAÑÓN
3	EPS MANTARO S. A
3	EMAPA HUACHO S. A
1	SEMAPA BARRANCA S. A
1	EPS ILO S.R. LTDA
1	EPS MOQUEGUA S.R. LTDA
1	EMAPACOP S. A
1	NOR PUNO S. A
1	EMAPA Y
1	EMAPAVIGSSA

174 localidades cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas , dentro de las eps.

#### LOCALIDADES SIN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

De las 89 localidades en el ámbito de las EPS sin tratamiento de aguas residuales, se ha identificado en la tabla 5, las cuatro localidades más grandes que no cuentan con PTAR.

Tabla 14 Principales localidades sin tratamiento de aguas residuales

<b>N°</b>	<b>LOCALIDAD, EPS</b>	<b>CAUDAL VERTIDO AL ALCANTARILLADO EN L/S</b>
1	HUANCAYO, SEDAM HUANCAYO S.A.C.	384
2	HUÁNUCO, SEDA HUÁNUCO S. A	251

3	SULLANA, EPS GRAU S. A	200
4	CAJAMARCA, SEDACAJ S. A	192

Fuente: SUNAS

## TECNOLOGÍAS MÁS USADAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

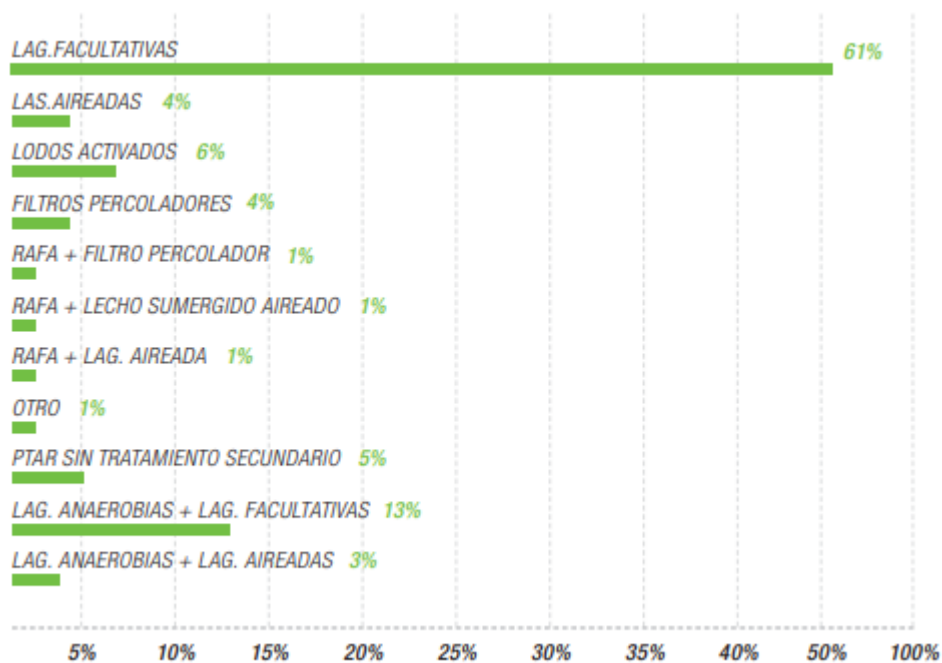


Figura 18 Tecnologías más usadas en el tratamiento de aguas residuales urbanas Fuente: (SUNASS)

Las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales de origen urbano más utilizadas son las lagunas facultativas anaerobias, y aireadas, en forma individual o en combinación. También se cuenta con tecnología de lodos activados en las variedades de flujo continuo y SBR, lechos fijos sumergidos, filtros percoladores y reactores anaerobios tipo RAFA. (SUNASS)

## PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES TABOADA (LIMA, PERÚ)



Figura 19 PTAR PUENTE PIEDRA Fuente: (Sedapal)

### CONTEXTUALIZACIÓN

Tabla 15 Contextualización Lima, Perú

<b>UBICACIÓN</b>	<b>DEMOGRAFIA</b>	<b>TEMPERATURA</b>
Lima, Perú	8.574.974	Promedio(18,5°c-19°c)

#### Etapas

##### Pretratamiento

- ✓ Cámara rejas automática
- ✓ Desarenador-desengrasador
- ✓ Sistema de ventilación

##### Tratamiento Biológico

- ✓ Sistema de lodos activados

##### Sistema de desinfección

##### Tratamiento de lodos

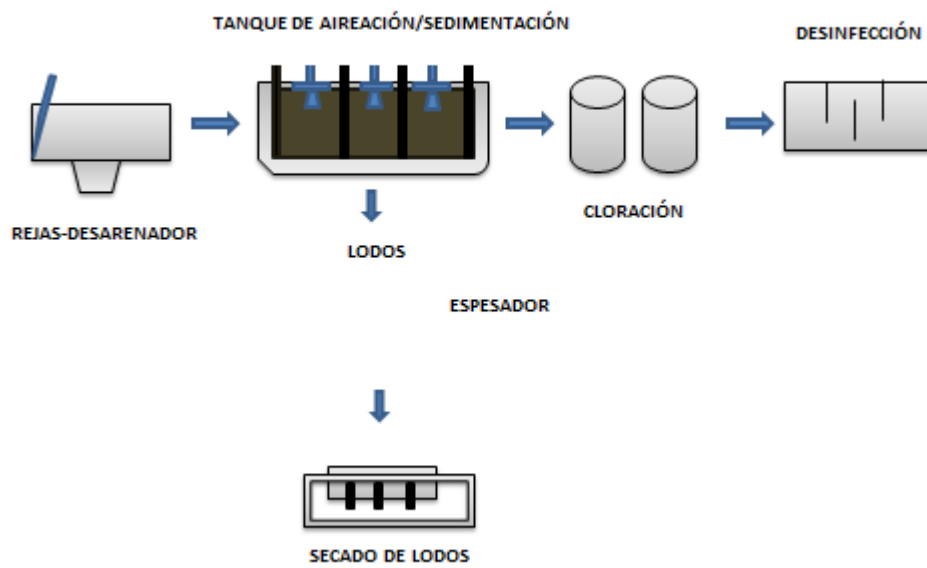


Figura 20 Diagrama de procesos de la PTAR Puente Piedra

Datos de interés de la PTAR

Tabla 16 Datos de interés PTAR Puente Piedra

<b>CAUDAL DE DISEÑO</b>
422 l/s

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Tomando como referencia la información obtenida de las plantas de tratamiento de aguas residuales y los procesos que allí se utilizan , así como también un estudio de evaluación de las condiciones físicas y de operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales de México y Perú , se puede evidenciar que estos no resultan ser un buen referente en cuanto a tratamiento de aguas residuales urbanas , pues el diagnóstico arrojado por el análisis de evaluación de las PTAR presento problemas a nivel estructural , de diseño , construcción y operación, esto como resultado del sobredimensionamiento , diseño inadecuado , construcción defectuosa , mala ubicación y altos costos de las PTAR.

## COMPARACIÓN DE LA NORMATIVA

Tabla 17 Normativa ambiental de COLOMBIA, MÉXICO Y PERÚ

<b>VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA VERTIMIENTOS PUNTUALES A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES</b>				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COLOMBIA</b>	<b>MÉXICO</b>	<b>PERÚ</b>
<b>Temperatura</b>	°C	<40	40	<35
<b>pH</b>	<b>Unidades de PH</b>	6,00 a 9,00	N.A	N.A
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	<b>mg/L O2</b>	200	N.A	200
<b>Demanda Bioquímica de</b>	<b>mg/L O2</b>	N.A	150	100



**VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA VERTIMIENTOS  
PUNTUALES A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COLOMBIA</b>	<b>MÉXICO</b>	<b>PERÚ</b>
<b>Oxígeno (DBO5)</b>				
<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>	<b>mg/L</b>	100	125	125
<b>Sólidos Sedimentables (SSED)</b>	<b>mg/L</b>	5	2	N.A
<b>Grasas y Aceites</b>	<b>mg/L</b>	20	N.A	20
<b>Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)</b>	<b>mg/L</b>	N.A	N.A	N.A
<b>Hidrocarburos totales</b>	<b>mg/L</b>	N.A	N.A	N.A
<b>Ortofosfatos (P-PO43-)</b>	<b>mg/L</b>	N.A	N.A	N.A
<b>Fósforo Total (P)</b>	<b>mg/L</b>	N.A	30	N.A
<b>Nitratos (N-NO3-)</b>	<b>mg/L</b>	N.A	N.A	N.A
<b>Nitritos (N-NO2-)</b>	<b>mg/L</b>	N.A	N.A	N.A
<b>Nitrógeno Amoniacal (NNH3)</b>	<b>mg/L</b>	N.A	N.A	N.A
<b>Nitrógeno Total (N)</b>	<b>mg/L</b>	N.A	60	N.A

En cuanto a los parámetros máximos permisibles para vertimientos a cuerpos de agua para Colombia, México y Perú se pudieron sacar las siguientes conjeturas:

#### Temperatura

El máximo permisible para este parámetro es el mismo para México y Colombia. Perú es menos permisible, ya que el valor de temperatura debe ser menor a 35°C.

#### PH

Perú y México no cuantifican dicho parámetro dentro de los máximos permisibles, El máximo permisible en cuanto a pH para Colombia es entre 6,00 y 9,00.

#### Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La normativa mexicana no hace un análisis de la demanda química de oxígeno lo cual evidencia poca rigurosidad, teniendo en cuenta que dicho parámetro tiene una gran importancia debido a que es el que se encarga de medir la contaminación presente en un cuerpo de agua.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

México es el único país que toma en cuenta este parámetro dentro de los valores máximos permisibles, Colombia y Perú realizan medición de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

#### Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Para sólidos suspendidos totales (SST) la normativa Colombiana es más rigurosa en cuanto al valor del máximo permisible para este parámetro.

#### Sólidos Sedimentables (SSED)

La normativa Peruana no hace análisis de sólidos sedimentables, en cuanto a Colombia y México, el valor de SSED es de 5 mg/l y 2 mg/l respectivamente.

#### Grasas y Aceites

La normativa Mexicana no realiza análisis de grasas y aceites, respecto a Colombia y Perú, el valor de grasas y aceites es de 20 mg/l.

#### Fósforo Total (P)

La normativa Colombiana y la normativa Peruana no toman en cuenta el fosforo total para los límites máximos permisibles.

#### Nitrógeno Total (N)

El valor máximo permisible para nitrógeno total de acuerdo a la normativa mexicana es de 60 mg/l. La normativa Colombiana y la normativa Peruana no toman en cuenta el nitrógeno total para el análisis de límites máximos permisibles.

### **NÚMERO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL URBANAS NACIONALES**

Tabla 18 Numero de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas nacionales

<b>PAÍS</b>	<b>NÚMERO DE PLANTAS</b>
<b>COLOMBIA</b>	583 Fuente: (Informe técnico sobre sistemas de agua residual en Colombia 2012)
<b>MÉXICO</b>	2477 Fuente: (inventario nacional de plantas municipales de potabilización y tratamiento de aguas residuales en operación ,diciembre de 2015)
	164 Fuente: Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de las entidades prestadoras de servicio de saneamiento, septiembre 2015

PAÍS	NÚMERO DE PLANTAS
PERÚ	

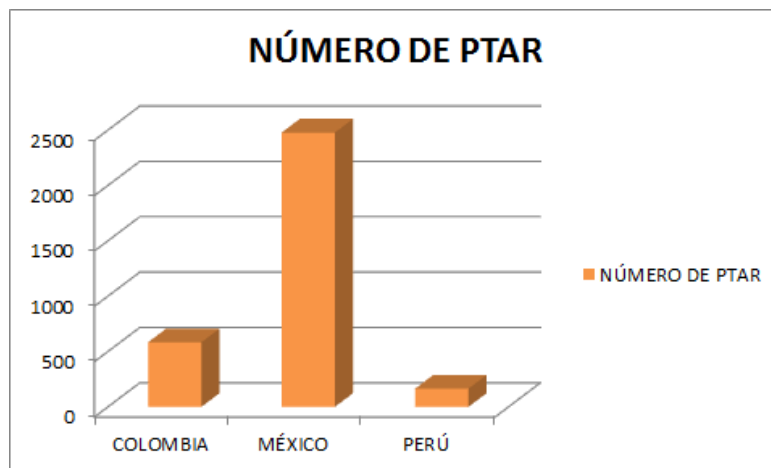


Figura 21 Número de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas por municipio

México es considerado como el decimocuarto país más extenso del mundo y el tercero más grande de América latina; es por esto que la tabla 19 deja en evidencia que dicho país posee un alto número de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas, siendo Perú el de menor cubrimiento a nivel de PTAR en todo el territorio con 164 plantas en el ámbito de las empresas prestadoras de servicios (EPS).

## PORCENTAJE DE COBERTURA DE SANEAMIENTO A NIVEL MUNICIPAL NACIONAL

### MUNICIPAL

Tabla 19 Porcentaje de cobertura de saneamiento a nivel municipal nacional

PAIS	% COBERTURA POR MUNICIPIO
------	---------------------------

<b>COLOMBIA</b>	42,7 %
<b>PERÚ</b>	64,8 %
<b>MÉXICO</b>	57%

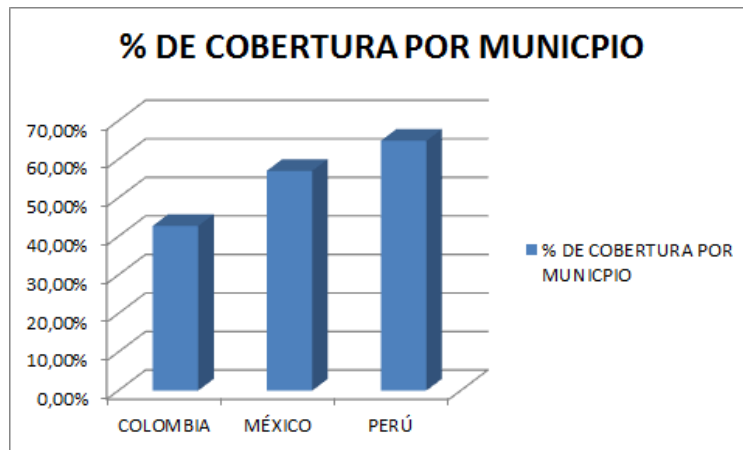


Figura 22 Porcentaje de cobertura por municipio

México cuenta con 2464 municipios y 31 estados, Colombia tiene 1119 municipios y 32 departamentos, Perú posee 194 provincias y 25 regiones; lo cual evidencia que Perú es el país con menor extensión de territorio por cual posee una mayor cobertura en términos de saneamiento a nivel municipal con un 64, 8%, seguido de México con un 57% y por ultimo Colombia con un 42,7% ; dejando en evidencia que la alta cobertura de Perú está asociada a números poblacionales y a su extensión territorial, ya que en comparación con los otros países este presenta bajos índices poblacionales. En lo que concierne al tratamiento de aguas residuales de origen urbano, las cifras dejan en evidencia que Colombia en temas de saneamiento en comparación con los otros países presenta el cubrimiento con el porcentaje más bajo; temas culturales, económicos y normativos conllevan a que gran parte de las aguas residuales de origen urbano sean vertidas a los cuerpos de agua sin un tratamiento previo.

## **PORCENTAJE DE TECNOLOGIAS POR NÚMEROS DE PTAR**

Tabla 20 Porcentaje de tecnologías más usadas por número de PTAR

TECNOLOGIAS	COLOMBIA	MÉXICO	PERÚ
<b>LODOS ACTIVADOS</b>	26%	30,10%	
<b>LAGUNAS FACULTATIVAS</b>	38%		61%
<b>LAGUNAS CON AIREACIÓN</b>	19%		13%
<b>LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN</b>		30,30%	

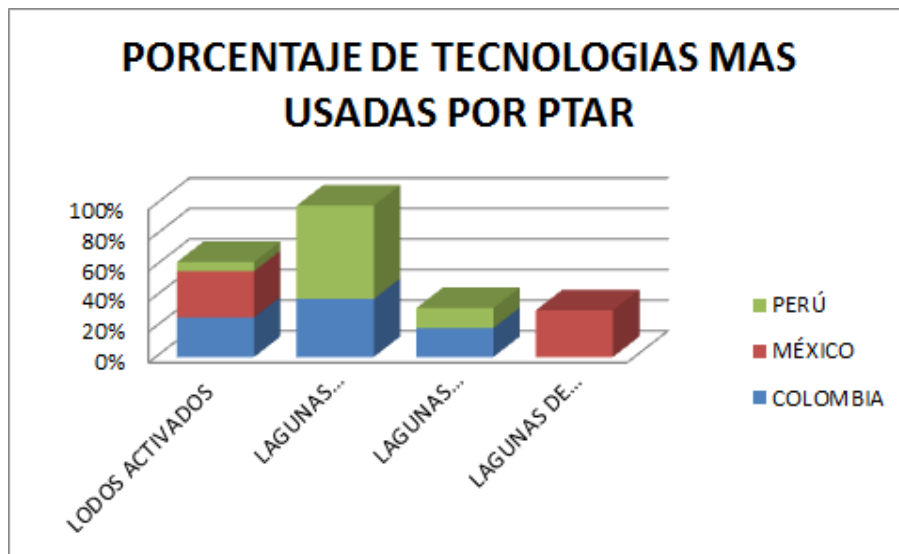


Figura 23 Porcentaje de tecnologías más usadas por PTAR

La figura 23 permite concluir que los lodos activados son implementados en los tres países para llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales urbanas, sin embargo no es el tipo de tecnología más utilizada ya que analizando los porcentajes de plantas que utilizan este tipo de proceso, el de mayor uso son las lagunas facultativas en Perú y México, con 38% y 61% respectivamente. Las lagunas de aireación se implementan en un 19% en Colombia y en un

13% en Perú y las lagunas de estabilización son usadas en un 30% en México para tratar dichas aguas.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGIAS MÁS USADAS

Tabla 21 Ventajas y desventajas de las tecnologías más usadas

TECNOLOGIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>LODOS ACTIVADOS</b>	<p>Altas eficiencias de remoción</p> <p>Lodos parcialmente estabilizados</p> <p>Fácil de estabilizar durante arranque</p> <p>Menor requerimiento de terreno.</p>	<p>Supone altos costos de operación</p> <p>Los lodos procedentes del proceso requieren un tratamiento secundario</p>
<b>LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN</b>	<p>Bajo costo de operación y mantenimiento</p> <p>Capacitación básica de los operarios</p>	<p>Requiere grandes extensiones de terreno</p> <p>Emanación de malos olores</p> <p>Temperatura específica para un óptimo desempeño</p>

## COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN

Tabla 22 Costos de inversión y operación de las tecnologías mas usadas

PROCESOS	COSTO DE INVERSIÓN	COSTO DE OPERACIÓN
	US\$ HABITANTE	US\$/AÑO/HABITANTE
LODOS ACTIVADOS	80 a 100	4 a 5
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	20 a 40	0,2 a 0,4



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ México no es un país referente en el tratamiento de aguas residuales urbanas, pues las cifras indican que el 50 % de las plantas operan de una manera ineficiente, esto como producto de problemas relacionados con la infraestructura, diseño, construcción y operación.
  
- ❖ En lo que concierne al tratamiento de aguas residuales urbanas en Perú, un estudio realizado por la SUNASS evidencia la problemática de las PTAR a nivel de infraestructura y operación; pues sus procesos suponen altos costos energéticos.
  
- ❖ En cuanto a la normativa para vertimiento a cuerpos de aguas superficiales, los países latinoamericanos presentan valores muy similares para límites máximos permisibles a cuerpos.
  
- ❖ Teniendo en cuenta el análisis realizado para los dos países en términos de tratamiento de aguas residuales urbanas se evidencia que tanto MEXICO como PERÚ presentan una serie de falencias a nivel de construcción y operación de las PTAR ; por tal razón dichos países no pueden ser tomados como un referente en el tratamiento de aguas residuales urbanas , pues para la construcción de la PTAR de Manizales se deben dimensionar todos los factores que esto involucra con el fin de que esta tenga un porcentaje de eficiencia alto y permita la solución y la mitigación de la problemática que presentan la quebrada Manizales y la quebrada olivares a causa de la contaminación generada por las aguas domesticas e industriales de la ciudad.
  
- ❖ Lodos activados es la tecnología más común entre Colombia, México y Perú, esto se debe principalmente a que este tipo de proceso posee una alta remoción de patógenos y DBO y tiene facilidad para ser operado bajo diferentes cargas hidráulicas y orgánicas; por lo cual sería la más recomendable para implementar en la PTAR de la ciudad de Manizales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión nacional del agua. (2014).Inventario de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Recuperado de: [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Inventario\\_Nacional\\_Plantas1.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Inventario_Nacional_Plantas1.pdf)
2. Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación. Ventana Ciudadana 2014-1015. Normativa Federal. Recuperado de: [http://portales.te.gob.mx/ventana2015/normativa\\_federal](http://portales.te.gob.mx/ventana2015/normativa_federal) (07. Julio.2017)
3. NOM-001-SEMARNAT, 1996. Recuperado de: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf>
4. NOM-002-SEMARNAT, 1996.Recuperado de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997)
5. NOM-003-SEMARNAT, 1997.Recuperado de: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3297/1/nom-003-semarnat-1997.pdf>
6. Business News Americas. Comisión Nacional Del Agua. (11 de julio, 2017). Recuperado de: <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/comision-nacional-del-agua-conagua>
7. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS , 1997.Recuperado de: <https://www.juridicas.unam.mx/legislacion/ordenamiento/constitucion-politica-de-los-estados-unidos-mexicanos>
8. Programa para la Comunicación y Educación Ambiental A.C. Visión general del agua. (11.julio.2017).Recuperado de: <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>

9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/>
10. Morales J. (2012). Descripción del proceso de la PTAR el Jobo.
11. Toledo S. (2015). PTAR Tucthlán, Obra ecológica y moderna para Chiapas.
12. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Recuperado de: <https://www.gob.mx/conagua>
13. Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA). Recuperado de: [http://www.smapa.gob.mx/normatividad\\_vigente/Manual%20de%20servicios.pdf](http://www.smapa.gob.mx/normatividad_vigente/Manual%20de%20servicios.pdf)
14. P. Torres. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia). (2012). “Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo”. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n18/n18a10.pdf>
15. Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación. Ventana Ciudadana 2014-1015. Normativa Federal. (07. Julio.2017). Recuperado de: [http://portales.te.gob.mx/ventana2015/normativa\\_federal](http://portales.te.gob.mx/ventana2015/normativa_federal) (07. Julio.2017)
16. Benitez, J. M. (2016). Instituto de ingenieria UNAM.
17. INEI. (s.f.). compendio estadístico Perú 2015. Recuperado de: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaless/Est/Lib1253/compendio2015.html](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1253/compendio2015.html)
18. SUNASS, c. b. (2013). Recuperado de: <http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>