



**UTMACH**

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO:

AFECTACIÓN DE LAS LAGUNAS DE AGUAS SERVIDAS EN LA CALIDAD DEL  
AGUA DEL POZO DE AGUA POTABLE PARA CHACRAS, CANTÓN ARENILLAS,  
PROVINCIA DE EL ORO.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL

AUTOR:

VILLARREAL AYALA CARLOS PAUL

TUTOR:

ROMERO VALDIVIEZO ANGEL GUSTAVO

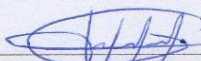
MACHALA - EL ORO

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, VILLARREAL AYALA CARLOS PAUL, con C.I. 0706363967, estudiante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación AFECTACIÓN DE LAS LAGUNAS DE AGUAS SERVIDAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL POZO DE AGUA POTABLE PARA CHACRAS, CANTÓN ARENILLAS, PROVINCIA DE EL ORO.

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.
  
- Cedo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
  - a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.
  
  - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

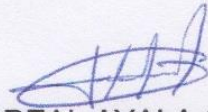
Machala, 11 de noviembre de 2015



---

VILLARREAL AYALA CARLOS PAUL  
C.I. 0706363967

AFECTACIÓN DE LAS LAGUNAS DE AGUAS SERVIDAS EN LA CALIDAD DEL  
AGUA DEL POZO DE AGUA POTABLE PARA CHACRAS, CANTÓN ARENILLAS,  
PROVINCIA DE EL ORO.



VILLARREAL AYALA CARLOS PAUL  
AUTOR(A)  
C.I. 0706363967  
carlpaul19@gmail.com



ROMERO VALDIVIEZO ANGEL GUSTAVO  
TUTOR  
C.I. 0701950313  
agromero@utmachala.edu.ec

Machala, 11 de noviembre de 2015

CERTIFICAMOS

Declaramos que, el presente trabajo de titulación AFECTACIÓN DE LAS LAGUNAS DE AGUAS SERVIDAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL POZO DE AGUA POTABLE PARA CHACRAS, CANTÓN ARENILLAS, PROVINCIA DE EL ORO. elaborado por el estudiante VILLARREAL AYALA CARLOS PAUL, con C.I. 0706363967, ha sido leído minuciosamente cumpliendo con los requisitos estipulados por la Universidad Técnica de Machala con fines de titulación. En consecuencia damos la calidad de APROBADO al presente trabajo, con la finalidad de que el Autor continúe con los respectivos trámites.

Especialistas principales



---

ROMERO VALDIVIEZO ANGEL GUSTAVO  
C.I. 0701950313

---

VERA DOMINGUEZ FRANCISCO JAVIER  
C.I. 1302324809



---

ESPINOZA CORREA JESUS ENRIQUE  
C.I. 0703391557

Especialistas suplentes



---

PEÑAHERRERA PEREIRA LADISLAO VLADIMIR  
C.I. 0702933599

---

NO APLICA PINTA MARITZA ALEXANDRA  
C.I. 0702194861

### **DEDICATORIA**

A toda mi familia que confió constantemente en mí y que me apoyo en los momentos más difíciles.

A mis amigos que con sus consejos hicieron que de poco en poco me valla formando como una persona mejor.

A todos los profesores que intervinieron en mi formación les dedico gentilmente este trabajo.

A mi madre ya que sin su amor incondicional y sacrificio no hubiera podido salir adelante.

A mis hermanos ya que por ellos es por quien me esfuerzo día tras día por ser una mejor persona.

### **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme permitido gozar de salud, por darme paciencia, serenidad, perseverancia durante estos largos años.

A mi familia por su apoyo incondicional y constante preocupación a lo largo de mis años compartiendo con ellos.

A mi madre quien ha sido mi mayor pilar y ha estado conmigo en los buenos y en los malos momentos brindándome su ayuda y consejos.

A la Universidad Técnica de Machala por haberme permitido realizar mi formación como profesional en sus acogedoras aulas.

A todos los profesores que tuve el agrado de conocer durante toda la carrera, a los tutores que nos brindaron sus conocimientos y experiencias durante el seminario de titulación.

A la comunidad de la parroquia Chacras quienes me acogieron y me permitieron realizar mi trabajo de una forma segura y confiable.

## RESUMEN EJECUTIVO

AFECTACIÓN DE LAS LAGUNAS DE AGUAS SERVIDAS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL POZO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA CHACRAS, CANTÓN ARENILLAS, PROVINCIA DE EL ORO.

Carlos Paúl Villarreal Ayala

**AUTOR**

C.I. 0706363967

carlpaul19@gmail.com

Ángel Gustavo Romero Valdiviezo

**TUTOR**

C.I.0701950313

agromero@utmachala.edu.ec

Para la valoración del riesgo de afectación de las aguas servidas en la calidad del agua subterránea en la parroquia Chacras del cantón Arenillas, se desarrollaron un perímetro de protección de pozos junto con un análisis de vulnerabilidad del acuífero Zarumilla en el área de ubicación del pozo IEOS-5, además de proponer un mejoramiento en su tanque de reserva y de una implementación de un sistema de cloración. Los objetivos de este proyecto están enmarcados en proponer soluciones a los actuales problemas con respecto a la calidad del agua cruda en esta comunidad. Primeramente basándonos en artículos científicos, consultas a las entidades encargadas del abastecimiento y protección del agua. El acuífero antes mencionado actúa como un acuífero libre en sus primeras formaciones geológicas mientras que en la formación de la que se abastece la parroquia Chacras actúa como un acuífero confinado del cual se detallan valores como su conductividad hidráulica, transmisibilidad, nivel freático, entre otros, con esta información se calcula el nivel de vulnerabilidad, el perímetro de protección si está dentro de los establecido a la Norma INEN que recomienda una zona de restricción de 30 m para pozos con una capa freática bien protegida. Según los resultados obtenidos se determinó que el acuífero Zarumilla para la parroquia Chacras tiene una vulnerabilidad media a la contaminación, además de un perímetro de protección de 40 m alrededor de la captación, lo que ocasionaría que el depósito receptor de aguas servidas ubicado a 25 m debería ser reubicado con el fin de garantizar la calidad del agua proveniente del pozo.

**Palabras clave:** Agua subterránea, afectación, protección de pozos, calidad del agua, acuífero.

## EXECUTIVE SUMMARY

AFFECTATION OF SEWAGE LAGOONS IN WATER QUALITY OF THE WELL WATER FOR CHACRAS PARISH, CANTON ARENILLAS, EL ORO PROVINCE.

Carlos Paúl Villarreal Ayala

**AUTHOR**

C.I. 0706363967

carlpaul19@gmail.com

Ángel Gustavo Romero Valdiviezo

**TUTOR**

C.I.0701950313

agromero@utmachala.edu.ec

For the risk valuation of affectation of wastewater on groundwater quality in the parish Chacras the canton Arenillas, were developed a perimeter of protective of wells together with an analysis of vulnerability the aquifer Zarumilla in the zone of location the well "IEOS-5", and proposing an improvement in their reserve tank and an implementation of a chlorination system. The objectives of this project are framed by proposing solutions to the current problems regarding the quality of raw water in this community. First based on scientific papers, consultations a entities responsible the supply and protection of water. The aquifer afore mentioned, acts as an aquifer unconfined in its early formations geological, while in the formation from which is supplied the Chacras parish, acts as a aquifer confined, of the which values are listed as which hydraulic conductivity, transferability, water table, among others, with that information is calculated the level of vulnerability, the perimeter of protection if it is within established in the standard INEN, which recommends a restriction zone 30 m for wells with a well protected groundwater. According to the results it was determined that the Zarumilla aquifer of the Chacras parish has a medium vulnerability to pollution, plus a protective perimeter of 40 m around the catchment area, causing the receiver sewage tank located 25 m should be relocated in order to ensure the quality of water from the well.

**Keywords:** Groundwater, affectation, wellhead protection, water quality, aquifer.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARATULA.....	i
FRONTISPICIO .....	ii
PÁGINA DE EVALUACIÓN Y VEREDICTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN EJECUTIVO .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. TEMA:.....	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	3
1.2.2. Análisis crítico.....	6
1.2.3. Prognosis.....	6
1.2.4. Formulación del problema.....	6
1.2.5. Preguntas directrices.....	6
1.2.6. Delimitación del tema .....	7
1.2.6.1. Delimitación espacial.....	7
1.2.6.2. Delimitación temporal.....	7
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO.....	7
1.3.1. GENERAL .....	7
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO TÉCNICO.....	8
CAPITULO II.....	9
2. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ADOPTADA	9
2.1. ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS	
TÉCNICAS DE SOLUCIÓN Y SUS ESCENARIOS.....	9
2.1.1. Modelo conceptual hidrogeológico de un acuífero .....	9
2.1.2. Mapa de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero mediante la metodología	
SINTACS .....	9
2.1.3. Descontaminación del agua subterránea de un acuífero .....	10
2.1.4. Perímetros de protección de pozos .....	10
2.1.5. Perímetro de protección de pozos mediante modelación numérica.....	10
2.1.6. Mapeo de la vulnerabilidad de la contaminación de aguas subterráneas basado	
en modelos 3D.....	11

2.1.7. Mapa de la vulnerabilidad de un acuífero mediante las metodologías DRASTIC Y SINTACS .....	11
2.1.8. Método DRASTIC para evaluar la contaminación de un acuífero .....	12
2.1.9. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación por nitratos .....	12
2.1.10. Análisis de la vulnerabilidad intrínseca y su Adecuación mediante un modelo de flujo con Trazado de partículas para evaluar la Vulnerabilidad del acuífero .....	12
2.1.11. Aplicación de un análisis CLUSTER para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos .....	13
2.1.12. Evaluación de la vulnerabilidad a la Contaminación de un acuífero – Comparando los métodos GOD y DRASTIC .....	13
2.1.13. Aplicación del método Sintacs para la determinación de la Vulnerabilidad acuífera	13
2.1.14. Aplicación de un SIG para estimar la vulnerabilidad del agua subterránea...	14
2.1.15. Evaluación de la Cartografía de la Vulnerabilidad para la protección de acuíferos carbonatados mediante el método PCOK.....	14
2.1.16. Análisis de las Cargas contaminantes y peligros a las aguas subterráneas .	15
2.1.17. Influencia de una actividad en la calidad del agua de un acuífero.....	15
2.1.18. Evaluación de la calidad del agua subterránea.....	16
2.1.19. Diagnóstico de la calidad del agua Subterránea .....	16
2.1.20. Evaluación de la vulnerabilidad de un acuífero mediante la metodología DRASTIC	17
2.1.21. Vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación.....	17
2.2. PRE-FACTIBILIDAD.....	18
2.2.1. Análisis comparativo de las alternativas .....	18
2.3. FACTIBILIDAD .....	22
2.4. MARCO TEÓRICO .....	23
2.4.1. Captaciones subterráneas .....	23
2.4.2. Pozos profundos .....	23
2.4.3. Acuífero .....	23
2.4.4. Calidad del agua subterránea .....	24
2.4.5. Vulnerabilidad.....	25
2.4.6. Metodología DRASTIC.....	25
2.4.7. Perímetros de protección .....	26
2.4.8. Área de captura de la fuente.....	26
2.4.9. Área de protección microbiológica .....	26
2.4.10. Zona operacional del pozo .....	27
2.4.11. Ejemplos reales de perímetros de protección de pozos en abastecimientos públicos de agua.....	28

2.4.12.	Depósitos y conducciones .....	29
2.4.13.	Esquema general de la captación .....	29
2.4.14.	Microbiología.....	29
2.4.15.	Físico química.....	29
2.4.16.	Focos de posible contaminación .....	29
2.4.17.	Inventario de los focos de contaminación posibles en nuestro trabajo.....	30
2.4.18.	Indicios de contaminación cerca de las captaciones .....	30
2.5.	ASPECTOS GENERALES DE LA PARROQUIA CHACRAS.....	30
2.5.1.	Ubicación geográfica.....	30
2.5.2.	Topografía de la zona .....	31
2.5.3.	Hidrografía.....	31
2.5.4.	Clima .....	31
2.5.4.1.	Precipitación:.....	31
2.5.4.2.	Temperatura:.....	32
2.5.4.3.	Nubosidad:.....	32
2.5.4.4.	Humedad Relativa: .....	32
2.5.5.	Sistema de agua potable .....	32
2.5.6.	Aspectos socio - económicos.....	32
2.5.7.	Población económicamente activa.....	33
2.5.8.	Salud .....	34
2.6.	METODOLOGÍA .....	35
2.6.1.	Lugar de investigación .....	35
2.6.2.	Tipo de investigación.....	35
2.6.3.	Selección de técnicas de recolección de datos .....	35
2.6.4.	Tareas de campo .....	35
2.6.5.	Tratamiento de datos .....	35
2.6.6.	Descripción del procedimiento metodológico general .....	35
CAPITULO III.....		37
3.	DISEÑO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	37
3.1.	CONCEPCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	37
3.2.	MEMORIA TÉCNICA.....	38
3.2.1.	Análisis físicos-químicos y bacteriológicos de los pozos ubicados en la parroquia Chacras. ....	38
3.2.2.	Características del acuífero que se abastece de agua la parroquia Chacras...40	
3.2.2.1.	Hidrogeología.....	40
3.2.2.2.	Procesos Hidroquímicos .....	40

3.2.2.3. Corte geológico en el área de estudio .....	41
3.2.3. Determinación del perímetro de protección del pozo de Chacras.....	43
3.2.3.1. Cálculo de los parámetros para la definición del perímetro de protección ....	44
3.2.4. Determinación de la vulnerabilidad del pozo IEOS-5 .....	45
3.2.5. Mejoramiento del tanque elevado .....	48
3.2.6. Sistema de tratamiento para potabilización del agua cruda .....	49
3.2.6.1. Desinfección.....	49
3.2.6.2. Cálculo de la dosificación del cloro.....	50
3.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	50
3.3.1. Control de calidad al agua de pozo de la parroquia Chacras del cantón Arenillas .....	50
3.3.2. Aplicación de la metodología DRASTIC para la determinación de la vulnerabilidad del agua de pozo a la afectación por aguas servidas.....	50
3.3.3. Cálculo del perímetro de protección del pozo IEOS-5.....	51
3.3.4. Mejoramiento del tanque elevado .....	51
3.3.5. Desinfección del agua cruda .....	51
3.4. PRESUPUESTO.....	52
3.4.1. Análisis de precios unitarios.....	52
3.5. PROGRAMACIÓN DE OBRAS .....	52
3.5.1. Duración de rubros.....	53
3.5.2. Tabla IMP-TMP .....	54
3.5.3. Barras IMT-TMT .....	55
3.5.4. Cronograma valorado.....	56
3.5.5. Cronograma físico .....	57
3.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
3.6.1. Conclusiones.....	58
3.6.2. Recomendaciones.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
ANEXOS.....	62
Anexo I Ubicación del área de estudio.....	63
Anexo II Reportaje fotográfico .....	64
Anexo III Análisis físico-químicos y bacteriológicos.....	66
Anexo IV APUS del trabajo .....	71
Anexo V Ubicación de los pozos en la parroquia Chacras .....	86
PLANOS .....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Esquema de funcionamiento de un pozo de bombeo.....	23
Gráfico 2. Acuífero no confinado o libre .....	24
Gráfico 3. Acuífero confinado o cautivo .....	24
Gráfico 4. Componentes usados en la evaluación del agua subterránea en peligro de contaminación.....	25
Gráfico 5. Diferencia entre el área de captura y la zona de influencia de un pozo profundo.....	26
Gráfico 6. Esquema idealizado de áreas de captura y perímetros de protección según el tránsito entorno al pozo profundo.....	27
Gráfico 7. Zona operacional del pozo en un área rural forestada, bien diseñada, drenada y mantenida .....	28
Gráfico 8. Zona operacional del pozo dimensionada y protegida en forma inadecuada, amenazada por riego agrícola con aguas residuales urbanas. ....	28
Gráfico 9. Procesos comunes de contaminación del agua subterránea .....	30
Gráfico 10. Río Zarumilla.....	31
Gráfico 11. Precipitación pluri-anual media mensual.....	32
Gráfico 12. Actividades productivas en la parroquia Chacras .....	33
Gráfico 13. Hidrogeología del acuífero Zarumilla.....	40
Gráfico 14. Corte geológico.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de alternativas de solución .....	19
Tabla 2. Enfermedades hídricas más comunes en la parroquia Chacras .....	34
Tabla 3. Propiedades hidráulicas del acuífero Zarumilla .....	42
Tabla 4. Rangos de Conductibilidad de las formaciones localizadas en el área de estudio .....	43
Tabla 5. Volúmenes del extracto y promedio que bombean las proporciones en el acuífero de Zarumilla.....	43
Tabla 6. Información de los pozos en la parroquia Chacras.....	43
Tabla 7. Dotaciones Recomendadas .....	48

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se encuentra enmarcado en analizar la afectación de la calidad del agua para consumo humano en la parroquia Chacras debido a las aguas servidas, otros problemas existentes en el sistema de abastecimiento y tratamiento de agua potable son la falta de un tanque de almacenamiento de agua por lo que se ven obligados a prescindir de este servicio por largas horas del día, otro inconveniente es la falta de un sistema de cloración que garantice la buena calidad del agua, además el inconveniente mayor y que más molesta a la comunidad es la cercanía del pozo de captación del agua cruda con el depósito receptor de aguas servidas el cual ya cumplió su vida útil hace varios años por tal razón pasa diariamente vertiendo aguas negras constantes a sus alrededores, entre el que está el pozo mencionado anteriormente y corre el riesgo de una posible contaminación del tipo bacteriológica debido al cono de succión producido por la bomba.

Durante el proceso de evaluación de la calidad del agua cruda se ha detectado en los análisis físico-químicos y microbiológicos presencia de nitritos, manganeso, coliformes fecales y totales en valores por encima de lo que establece la norma INEN 1108. En el caso de los nitritos su elevada concentración se debe a una posible contaminación reciente. Pero obstante, esto no debe ser considerado como resultado de una contaminación sin analizar las posibles causas de su presencia.

Debido a que el abastecimiento público de agua potable corresponde en su totalidad a las aguas subterráneas extraídas de pozos es indispensable su protección de actividades contaminantes cercanas a la captación, esto considerando que la remediación de aguas subterráneas en la mayoría de las situaciones es económicamente inabarcable pudiendo en ocasiones resultar prácticamente inviable. Además no se ha informado adecuadamente a la población sobre estos problemas por lo que su interés en la protección de las aguas subterráneas es nulo. Como sabemos el agua subterránea que se utiliza para consumo humano tiene relación con las aguas superficiales de origen fluvial y pluvial, incluyendo las de riego, y por ello, con los fenómenos químicos y biológicos que se desarrollan en la capa vegetal (suelos) y en la zona no saturada.

Dadas las condiciones anteriores se considera de interés recopilar la información necesaria para dar soluciones a esta problemática. Por tal razón nuestra investigación se centra en estudiar las posibles formas existentes para analizar el impacto de una determinada actividad antrópica sobre una captación de agua subterránea, indicando los parámetros que estudian cada una de estas sus beneficios, impactos, resultados y alternativas que ayuden a proteger los pozos profundos.

Lo esencial para la protección de las aguas subterráneas es tomar conciencia de la escala y de la seriedad del problema. Por tal razón es necesario investigar la mayor información acerca del riesgo de contaminación producido por las aguas servidas y acorde a esto, tomar medidas precautorias que disminuyan la contaminación producida por esta actividad.

En el desarrollo del trabajo se llegó a la conclusión de determinar un perímetro de protección de pozos, en el que se analiza la vulnerabilidad del acuífero frente a la contaminación mediante información proporcionada por entes responsables de garantizar la calidad del agua en la parroquia Chacras.

Los perímetros de protección de pozos se definen como el área en torno a la captación en la cual se restringen o se prohíben las actividades posibles de contaminar las aguas subterráneas o de afectar el caudal que abastece a la población. Los resultados

obtenidos tras delimitar el perímetro de protección de pozos, constituirán un sistema eficaz de protección del recurso.

La vulnerabilidad general de un acuífero frente a la contaminación analiza la capacidad de un acuífero a ser afectado adversamente por una carga contaminante en nuestro caso las aguas servidas. Uno de los métodos más utilizados para estimar este valor, es el índice DRASTIC el cual es uno de los más reconocidos a nivel mundial. En nuestro país no se cuenta con información acerca del uso de métodos similares al desarrollado en este trabajo, ya que al requerir de siete parámetros es mucho más confiable y detallado. La información obtenida mediante este método representa la posibilidad de que el acuífero se contamine dadas sus características.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. TEMA:

“Afectación de las lagunas de aguas servidas en la calidad del agua del pozo de agua potable para chacras, cantón arenillas.”

#### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

Las aguas subterráneas son un recurso que amerita un cuidado adecuado, y en los últimos años este reto paso a ser tomado con más seriedad debido principalmente al incremento de actividades antrópicas sobre las áreas de recarga <sup>1</sup>.

La calidad de las aguas subterráneas en una región depende de la composición de recarga del agua, la mineralogía y la reactividad de la formaciones geológicas en los acuíferos, la interacción con otros tipos de acuíferos, el impacto de las actividades humanas (agricultura, industria, desarrollo urbano, aumento de la explotación de recursos hídricos) y las condiciones ambientales que puede afectar la movilidad geoquímica de ciertos constituyentes <sup>2; 3</sup>.

La gestión del agua constituye una prioridad para las políticas medioambientales y es uno de los desafíos más graves que las ciudades se enfrentan hoy en día. Más del 97% del total de agua dulce disponible en la tierra (con exclusión de los glaciares y capas de hielo) está representado por las aguas subterráneas, lo que constituye la mayor reserva de agua dulce del mundo <sup>4</sup>.

El agua subterránea es ampliamente utilizada como fuente de agua potable en todo el mundo. Este recurso puede ser contaminado por agentes microbianos o químicos potencialmente peligrosos para la salud humana. De hecho, pozos de agua potable puede ser vulnerable a la contaminación natural y antropogénica. En algunas partes del mundo, la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera, la amibiasis, la hepatitis A y giardiasis se han producido debido al inadecuado tratamiento de residuos sólidos, los cuales llevan a las aguas subterráneas a la contaminación. Tales acontecimientos han puesto de relieve la importancia de desarrollar un mejor conocimiento de las aguas subterráneas y el establecimiento de medidas para proteger y preservar el recurso <sup>5</sup>.

La cuestión de la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación es de importancia crucial. El concepto de vulnerabilidad de las aguas subterráneas es una piedra angular en la evaluación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas y en el desarrollo de opciones de gestión para preservar la calidad de las aguas subterráneas. Mapas de vulnerabilidad de aguas subterráneas proporcionan información útil para proteger los recursos de agua subterránea y para evaluar el potencial de mejora de la calidad del agua con los cambios en las prácticas agrícolas y aplicaciones de uso de la tierra. Además, estos mapas pueden ser utilizados para la planificación y desarrollo de los recursos de agua subterránea regional, ya que proporcionan una indicación preliminar de posibles riesgos de contaminación de las aguas subterráneas. Cartografía de la vulnerabilidad de aguas subterráneas se basa en la idea de que las áreas específicas de la tierra son más vulnerables a la contaminación de las aguas subterráneas que otros. Por lo tanto, la evaluación de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas delinea las áreas que son más susceptibles a la contaminación



debido a los factores hidrogeológicos y fuentes antropogénicas y muestra las áreas de mayor potencial de contaminación de las aguas subterráneas. En general, esto connota la estimación del potencial de los contaminantes migren desde la superficie de la tierra a través de la zona no saturada hasta llegar a las áreas de interés. Como tal, el concepto de vulnerabilidad del agua subterránea es importante para una gestión racional de los recursos de agua subterránea y la planificación del uso del suelo posterior. La importancia de la evaluación de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación se debe al hecho de que la vigilancia de las aguas subterráneas es lento y muy costoso para definir adecuadamente la extensión geográfica de la contaminación a escala regional. Así, el examen y la identificación de la distribución espacial de las diferentes zonas vulnerables a la contaminación son muy importantes. Los mapas de vulnerabilidad son herramientas útiles para la asignación de recursos de monitoreo limitados a las zonas donde más se necesitan. Existen muchas técnicas para calcular la vulnerabilidad de los recursos de agua subterránea a la contaminación. Sin embargo, las técnicas simples son preferibles a otros más sofisticados, especialmente cuando se considera que el resultado de la evaluación de la vulnerabilidad se utilizará para configurar las opciones de gestión preliminares para minimizar la contaminación de las aguas subterráneas <sup>6</sup>.

Los países de Latinoamérica son considerados, territorios con abundantes recursos hídricos, ya que disponen de agua por encima de los diez mil metros cúbicos al año. Sin embargo, en los últimos años se ha dado con mayor frecuencia problemas con respecto al acceso al agua potable en los países de esta región. La mayoría de estos problemas son debido al cúmulo de factores que van desde el desarrollo de grandes concentraciones humanas, núcleos industriales, agrícolas, contaminación de ríos, lagos y acuíferos. Por estos motivos son necesarios definir y poner en práctica políticas dirigidas a conocer mejor los recursos con el fin de prevenir el deterioro de las fuentes de agua subterránea <sup>7</sup>.

La única fuente de agua potable para diversas partes de nuestro país esta constituida por aguas subterráneas, las cuales en muchos casos son destino de los residuos de naturaleza líquida, producto de las actividades del hombre. El deterioro de los acuíferos puede resultar irreversible y su saneamiento extremadamente costoso. Además, el conocimiento por parte de la población sobre la protección de las aguas subterráneas son escasos, por tal razón es primordial tomar conciencia de la escala y de la seriedad del problema. Para esto es necesario cuantificar la propensión de los acuíferos a contaminarse, investigar los factores que aumentan el riesgo a contaminarse, y según esta información, tomar las medidas precautorias para evitar los problemas de contaminación. La vulnerabilidad general de un acuífero a la contaminación es una propiedad que establece su susceptibilidad a ser afectado adversamente por una carga contaminante, independientemente de la presencia de contaminantes <sup>8</sup>.

Debido a la falta de agua corriente, la mayor parte del agua suministrada para beber y otros requisitos nacionales y en la región depende de las aguas subterráneas. Aunque las aguas subterráneas generalmente se consideran una fuente de agua preferida en comparación con el agua de la superficie, la calidad de las aguas subterráneas se ha venido deteriorado debido a la descarga directa de aguas residuales no tratadas en la superficie, instalaciones de tratamiento inadecuados, consecuencia de la insuficiencia en la gestión del sistema de distribución de agua por tubería, las enfermedades causadas por el uso de agua contaminada se han convertido en un problema público

serio, la contaminación microbiana es uno de las más significativas causas de las enfermedades transmitidas por el agua en ciertas ciudades <sup>9</sup>.

Como en la mayoría de las comunidades, el uso de su suelo es principalmente habitacional, agrícola y pecuario, y debido al incontrolado uso de agroquímicos, inadecuada disposición de desechos sólidos, las cuales son las principales fuentes de contaminación del agua subterránea. Se debe elaborar un diagnóstico de la calidad del agua en los pozos, evaluando la calidad química y bacteriológica del agua subterránea <sup>10</sup>.

En nuestra área de trabajo la cual se ubica en el área fronteriza sur occidental de la provincia de El Oro, existe un déficit serio de agua superficial, solo disponible en algunos meses del año. Esta deficiencia está siendo atendida en forma parcial con agua subterránea, con una explotación anti técnica. En toda esta zona el agua utilizada para consumo humano y otros usos el 100% es agua subterránea. Este servicio fundamental para la vida y para el desarrollo socioeconómico de la población, aun presenta algunas deficiencias, tanto en cobertura como en la explotación del acuífero. En los últimos años en estos mismos sectores, se explota agua subterránea para utilizarla en la industria del camarón en cautiverio, situación que podría contribuir a la salinización de suelos agrícolas y contaminación del acuífero. Estos contaminantes pueden tener efectos perjudiciales de ligeros a graves en la salud humana, dependiendo del tipo y concentración que se encuentren <sup>11</sup>.

La probabilidad de contaminación es mayor en los pozos someros que en los profundos, sin embargo estos pueden verse seriamente afectados debido a la presencia de fracturas verticales que proporcionan patrones de flujo de migración rápida, lo cual puede dar lugar al establecimiento de conexiones preferenciales entre el nivel freático y los flujos de los niveles más profundos, generando la migración de contaminantes a mayor profundidad <sup>10</sup>.

La población de Chacras se abastece actualmente de agua extraída de pozo, el cual fue construido por el ex-IEOS en el año 1987, y tiene una profundidad de 97m, con un diámetro de 6 plg. El agua es extraída por una bomba de 20HP y conducida por una tubería de PVC de 4plg, el caudal que se bombea es de 11lt/s. debido a que el pozo conocido como IEOS-5 se encuentra ubicado a 25m del depósito receptor de aguas servidas de la parroquia, por tal razón es posible una contaminación del tipo bacteriológica debido al efecto del cono de succión producido por la bomba sumergible.

### **1.2.2. Análisis crítico**

La presencia de bacterias aerobias totales, coliformes totales, coliformes fecales, manganeso y nitritos según los análisis físicos-químicos y bacteriológicos del agua cruda de la parroquia Chacras están por encima de los parámetros establecidos en la norma INEN 1108. Se presume que la principal razón de estos inconvenientes se podrían estar originando por la cercanía del pozo con el depósito receptor de aguas servidas el cual ya está al máximo de su capacidad pero aún se mantiene en funcionamiento, ocasionando que se produzcan fugas en los tramos cercanos al pozo, debido a esto las aguas servidas podrían estar filtrando y ocasionando una contaminación por efecto del cono de succión producido por la bomba sumergible. Si este problema está sucediendo las aguas residuales estarían perjudicando la calidad del agua, de forma que la salud de la población se vería afectada como también las labores que estos realizan diariamente.

### **1.2.3. Prognosis**

Al no poner importancia en investigar si las aguas servidas afectan la calidad del agua en la parroquia Chacras, cantón Arenillas con el pasar de los años esta situación empeoraría, lo cual llegaría al punto de cerrar esta estación de bombeo y buscar otro posible medio de abastecimiento de agua seguro para esta parroquia.

Este proyecto es de mucha importancia porque está destinado en plantear soluciones que ayuden a mejorar la calidad del agua de pozo en esta parroquia, además de comprobar si las aguas servidas afectan en la calidad del agua o si es otra la fuente que está detrás de esta problemática, como también de ayudar a que sus quejas acerca de otros problemas relacionados con el servicio de agua potable se den a conocer y se lleven a cabo las medidas respectivas.

Al terminar este trabajo y en caso de que las aguas servidas sean las responsables de la afectación en la calidad del agua, las autoridades pertinentes se verían en la tarea de bombear toda esa agua servida y reubicarla donde no sean un peligro de contaminación con el fin de preservar la calidad del agua en esta comunidad agrícola, comercial y turística.

### **1.2.4. Formulación del problema**

“Podrían afectar las aguas servidas en la calidad del agua del pozo de agua cruda para Chacras, cantón Arenillas.”

### **1.2.5. Preguntas directrices**

- ¿Están los análisis físico-químico y bacteriológico del agua de la parroquia Chacras, cantón Arenillas dentro de lo establecido en la Norma INEN 1108?
- ¿Cuáles son las posibles causas que podrían estar afectando la calidad del agua cruda de la parroquia Chacras, cantón Arenillas?
- ¿Cómo poder establecer una evaluación que nos demuestre si las aguas servidas afectan en la calidad del agua cruda de la parroquia Chacras, cantón Arenillas?
- ¿Qué medidas se deben tomar para mejorar la calidad del agua cruda de la parroquia Chacras, cantón Arenillas?

## **1.2.6. Delimitación del tema**

### **1.2.6.1. Delimitación espacial**

El proyecto técnico se realizara enfocando la calidad del agua cruda del pozo de la parroquia Chacras, cantón Arenillas.

### **1.2.6.2. Delimitación temporal**

El siguiente proyecto técnico se realizara en los meses de Julio hasta Octubre del año 2015.

## **1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO.**

### **1.3.1. GENERAL**

- Determinar si existe afectación en la calidad del agua de pozo a causa de las aguas servidas en la parroquia Chacras, cantón Arenillas.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar análisis físico-químico y bacteriológico al agua de pozo de la parroquia Chacras para analizar si sus parámetros están dentro de lo establecido en la norma INEN 1108.
- Determinar que podría estar influyendo en la afectación de la calidad del agua cruda de la parroquia Chacras.
- Comprobar mediante una metodología apropiada si el pozo de agua cruda de la parroquia Chacras es vulnerable a la afectación por aguas servidas.
- Proponer alternativas que contribuyan a mejorar la calidad del agua cruda en la parroquia Chacras, cantón arenillas.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO TÉCNICO.**

La presente investigación tiene como finalidad comprobar si las aguas servidas afectan en la calidad del agua, debido principalmente a su cercanía con el pozo de agua cruda del catón Chacras, ya que el agua es uno de los recursos más ricos e indispensables que poseemos hay que saber valorarlo y conservarlo. Lo que se propone para comprobar el presente problema es un seguimiento físico-químico y bacteriológico de la calidad del agua de este pozo y de los más cercanos con el fin de elaborar una metodología que nos ayude a evaluar la vulnerabilidad del pozo a este tipo de situaciones, y establecer alternativas que ayuden a eliminar las fuentes de contaminación en caso de que se esté afectando la calidad del agua por las aguas servidas. Para lograr lo anterior es necesaria la organización de los habitantes de la parroquia Chacras del cantón arenillas.

A través de este proyecto lograr capacitar a los técnicos, representantes y usuarios de las juntas de agua, mediante métodos: teóricos y prácticos. El teórico tiene que constar de charlas y conferencias sobre temas de enfermedades ocasionadas por la mala calidad del agua, ubicación de los depósitos receptores de aguas servidas y letrinas con respecto a la estación de bombeo, bajo la idea que el correcto manejo de los recursos hídricos es responsabilidad de todos y que para lograr la reducción de enfermedades por la mala calidad del agua de consumo humano, no basta terminar con las deficiencias en los sistemas sino que es de importancia fundamental llevar a cabo un proceso de sensibilización y concientización comunitaria sobre prácticas higiénico sanitarias adecuadas. El método práctico tiene que realizarse en los lugares donde se producen los derrames de aguas servidas que terminan filtrándose al pozo.

Esta investigación contribuirá a que los beneficiarios conozcan la calidad del agua, sensibilizándose sobre la necesidad de su uso, manejo responsable y técnico de este recurso. Con ello se realizó esta investigación, beneficiando no solo las actuales, si no a las futuras generaciones, informándoles de la calidad del agua y de las medidas a tomar.

## CAPITULO II

### 2. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ADOPTADA

#### 2.1. ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN Y SUS ESCENARIOS

Según los siguientes temas descritos a continuación estudiaremos los más acordes a nuestra problemática.

##### 2.1.1. Modelo conceptual hidrogeológico de un acuífero

Este trabajo se realizó en el Huasco, norte de Chile en el año 2008, mediante un modelo conceptual hidrogeológico en un área de aproximadamente 6000 ha. En este lugar abundan las actividades mineras mientras que los suelos reconocidos son de textura gruesa, presentan una baja retención de humedad y una elevada capacidad de infiltración. Estas propiedades físicas de los suelos de la cuenca configuran unas condiciones propicias para la infiltración de las precipitaciones, produciendo recarga a los acuíferos.

Primero en esta investigación se realiza una caracterización geológica, geomorfológica y climática, junto con las propiedades del suelo y la evaluación de la recarga, además de un inventario de los puntos y las superficies piezométricas, también una caracterización hidráulica, hidrogeoquímica e isotópica, para llegar a lo que es el modelo conceptual hidrogeológico y a la simulación numérica del flujo subterráneo.

Según los resultados las actividades antrópicas pueden afectar significativamente las 6000 ha de este humedal, por lo cual pasaron a estar reguladas por la Ley de Bases del Medio Ambiente <sup>12</sup>.

##### 2.1.2. Mapa de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero mediante la metodología SINTACS

Este trabajo se realizó en Italia en el año 2006 para algunos vertederos ubicados en diferentes condiciones geológicas como el vertido de Imer, Provincia de Trento, vertederos de San Agustín y Jolanda di Savoia, Provincia de Ferrara) y en los Apeninos del Sur (Basilicata). El primer sitio se encuentra a lo largo de un valle glaciar de los Alpes del Sur, el segundo en el este de Po normal, mientras que el tercero en una cuenca de intra-montañosa de los Apeninos meridionales.

Todo el procedimiento se simplifica haciendo hincapié en la secuencia de las fases de investigación. En primer lugar, geomorfológico, datos hidrológicos e hidrogeológicos geológicos son recogidos y elaborados con el fin de definir el modelo hidrogeológico conceptual de la zona, la circulación de aguas subterráneas y el nivel piezométrico durante el año hidrológico.

En segundo lugar, la base de datos creada se implementa en un SIG para estimar la vulnerabilidad intrínseca de los sistemas acuíferos. Este segundo paso se consigue utilizando el método más adecuado para las condiciones hidrogeológicas locales, entre los disponibles en la literatura.

El análisis integrado de la vulnerabilidad intrínseca del sistema acuífero y la estimación del peligro potencial intrínseco del vertedero expresado por el índice de peligro nos permite evaluar la idoneidad de los sitios para albergar un vertedero y definir la prioridad de recuperación de los vertederos existentes. Además, para nuevos vertederos, la metodología propuesta permite sugerir una estrategia mejor la

construcción y la protección del medio ambiente circundante. La aplicación de este procedimiento para algunos vertederos existentes de pie en diferentes condiciones geológicas da resultados satisfactorios <sup>13</sup>.

### **2.1.3. Descontaminación del agua subterránea de un acuífero**

Este trabajo lo aplicaron al acuífero la Cubeta de la Llagosta la cual es la unidad hidrogeológica que abarca los valles Oriental y Occidental de Barcelona, España en el año 2008. Lo realizaron mediante dos tipos de experiencias en las que están: ensayos en laboratorio con materiales reactivos y la otra utilizando un ensayo de recarga inducida desde un río.

Las condiciones iniciales muestran que los análisis del agua subterránea tienen cuatro parámetros fuera de los parámetros contemplados en la normativa de potabilidad del agua, como son la suma de disolventes halogenados, antimonio, amonio y manganeso. Las posibles causas de esto son los vertidos de aguas residuales de las zonas urbanas, las aguas residuales procedentes de las actividades industriales y restos en antiguas obras de extracciones de áridos lo cual provoca un incremento en la salinidad del agua y la movilización de metales como Mn, Fe y Sb.

Los resultados de los ensayos de tratamiento del agua subterránea con material radiactivo indican un pH excesivamente elevado y una alta conductividad eléctrica debido a la disolución parcial de los óxidos de Ca, Mn, resultado del posible proceso de lixiviación a partir del material radioactivo. Mientras que los resultados del ensayo de lixiviación son satisfactorios para algunas sustancias, logrando una cierta eliminación de algunos metales como Cd, Cu, Mn, Sb, además de los nitritos y sulfatos <sup>14</sup>.

### **2.1.4. Perímetros de protección de pozos**

Esta investigación se realizó en Argentina en el año 2011 con el fin de dar a conocer esta alternativa la cual es muy utilizada en Europa y Norteamérica, con la finalidad de proteger las fuentes de suministro de agua.

Para esto se establecen una serie de zonas, generalmente concéntricas, en torno a los pozos, partiendo desde conocimientos hidrogeológicos, características de explotación y adopción de ciertos criterios como distancia horizontal, tiempo de flujo horizontal, porcentaje de área de recarga, capacidad de dilución o atenuación de la zona saturada, etc.

Estas medidas deberán adaptarse para cada caso en particular adoptando la alternativa que combine con mayor grado de eficacia las condiciones técnicas, jurídicas y económicas para seleccionar el lugar de ubicación de los pozos.

Según el área de protección para el caso de acuíferos libres, en medios porosos de poco espesor y mediano rendimiento se sugiere establecer tres áreas con distintos niveles de protección y, por lo tanto, grados de afectación <sup>15</sup>.

### **2.1.5. Perímetro de protección de pozos mediante modelación numérica**

El siguiente trabajo se realizó en el acuífero Margarita, Cuba en el año 2008, mediante métodos analíticos y modelos numéricos.

Se utilizaron cuatro métodos analíticos y un modelo numérico los cuales fueron comparados para definir las zonas de protección de un pozo en el acuífero

Margarita, discutiéndose y analizándose en cada uno de ellos los posibles errores en su delimitación y el consiguiente riesgo potencial de sobre o baja protección en torno al pozo. Los resultados muestran que la modelación numérica proporciona una protección

mucho más precisa que los métodos analíticos, y que estos últimos no permiten analizar adecuadamente situaciones de pozos con penetración parcial, así como sus áreas de contribución y los tiempos de tránsito en sistemas acuíferos como el presente caracterizados por una notable anisotropía <sup>16</sup>.

#### **2.1.6. Mapeo de la vulnerabilidad de la contaminación de aguas subterráneas basado en modelos 3D**

Este trabajo lo realizaron en un acuífero costero aluvial del sur de Italia en el año 2012 con el objetivo de que mediante esta metodología se logre reconstruir un modelo 3D de la lito estratigráfica de un acuífero a fin de definir algunos parámetros que intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación de los acuíferos porosos.

Para obtener el mapa de vulnerabilidad del acuífero se utilizó los métodos DRASTIC, SINTACS y AVI. La reconstrucción estratigráfica se ha obtenido mediante la interpolación de datos estratigráficos de más de un pozo de sondeo por 2 km<sup>2</sup>. La reconstrucción de un lito estratigráfica en modelo 3D se ha aplicado y utilizado para representaciones tridimensionales o bidimensionales.

La novedad de este enfoque es en la consideración del acuífero, acuitardo y capas impermeables como los principales elementos de la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación.

Esta investigación ha demostrado que es posible integrar un modelo lito estratigráfica 3D de un acuífero en la evaluación de los parámetros implicados en la evaluación de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación por métodos de conteo de puntos métodos. De hecho, la idoneidad de AVI, DRASTIC y SINTACS para predecir el potencial de contaminación del acuífero poroso se mejora por el uso del modelo 3D.

Por otra parte, los modelos 3D son una buena plataforma para los modelos de flujo de agua subterránea, por lo tanto podrían ser utilizados para aplicar métodos más sofisticados para la evaluación de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, teniendo en cuenta el transporte de contaminantes <sup>17</sup>.

#### **2.1.7. Mapa de la vulnerabilidad de un acuífero mediante las metodologías DRASTIC Y SINTACS**

El área en la que se realizó esta investigación está ubicada al SO de los Alpes Apuanos, Italia, 1996, donde ubicamos un acuífero principal formado prevalentemente por gravas y, en una estrecha franja costera, por unas arenas

Para la aplicación de uno de los parámetros se toma un área entera y se la divide en varias sub-áreas sobre la base de los valores de los parámetros que están sujetos a variaciones. Para cada zona se calcula el índice de vulnerabilidad que nos permite la subdivisión de la superficie total en dos clases de riesgo: un sector de riesgo elevado y otro de riesgo muy elevado. La aplicación del otro parámetro se basa en una división de la superficie total en un retículo compuesto por 253 celdas cuadradas de 0,5 km de lado. El índice de vulnerabilidad se calcula para cada celda de tal manera que se puedan agrupar, sucesivamente, en clases de riesgo.

Estos parámetros de investigación dan resultados en los que se obtienen tres zonas que presentan clases de riesgo: muy elevado, elevado y alto.

Por lo que los resultados de una confirman la presencia de dos clases coincidentes y con igual riesgo de contaminación. Mientras que la otra evidencia también una pequeña área en la cual el riesgo cae en una clase ligeramente inferior a las otras dos <sup>18</sup>.



### **2.1.8. Método DRASTIC para evaluar la contaminación de un acuífero**

Esta investigación se realizó en el acuífero aluvial litoral de Oued Laou situado en el norte de Marruecos, 2007. La desarrollaron utilizando una técnica muy conocida denominada DRASTIC la cual mostrara la cartografía de vulnerabilidad del acuífero, esta metodología se basa en parámetros como profundidad del nivel del agua, recarga neta, formación geología del acuífero, cubierta edáfica bajo el terreno, topografía, tipo de material de la zona no saturada y la conductividad hidráulica del acuífero.

El estudio de la vulnerabilidad de este acuífero se realizó para conocer en que épocas este es más propenso a la contaminación debido a la gran variabilidad del régimen pluviométrico de este sector.

Los resultados de esta metodología ayudan a definir las zonas más vulnerables a la contaminación y tomar las debidas precauciones en la gestión de los residuos de potencial afectación de las aguas subterráneas en el acuífero litoral de Oued Laou <sup>19</sup>.

### **2.1.9. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación por nitratos**

Este trabajo se lo realizo en el estado de Yucatán, México en el año 2004 con el fin de determinar la vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos. Para esta investigación se necesitó emplear las metodologías AVI, DRASTIC y GOD, debido a que este estado es una región conformada por rocas calcáreas, por tal razón se originan fracturas o fisuras en el suelo lo que facilita que el agua se filtre rápidamente, haciéndolo vulnerable a una posible contaminación.

Los resultados obtenidos demostraron que DRASTIC fue la metodología más adecuada para caracterizar la vulnerabilidad intrínseca de este acuífero en función de los datos requeridos, clasificando los resultados en rangos mínimo, bajo, moderado, alto y extremo. La vulnerabilidad en el área de estudio se encontró en niveles altos y extremos, mientras que las concentraciones de nitratos se ubicaron dentro de los cinco rangos posibles. Por tal razón se concluyó que se requiere utilizar metodologías de vulnerabilidad específica para cada tipo de acuíferos <sup>20</sup>.

### **2.1.10. Análisis de la vulnerabilidad intrínseca y su Adecuación mediante un modelo de flujo con Trazado de partículas para evaluar la Vulnerabilidad del acuífero**

Esta investigación la realizaron en el acuífero del alto Lerma en el estado de México en el año 2002, mediante la combinación de los métodos DRASTIC y el modelo numérico Visual Modflow, para determinar su vulnerabilidad debido a que la calidad del agua está decreciendo, posiblemente por las descargas directas de aguas residuales provenientes de las comunidades cercanas, ya que en este estado el agua subterránea es la principal fuente de agua potable.

A este trabajo se lo realizo, delimitando las áreas a proteger mediante un plazo de 50 años, adecuando el análisis a las condiciones de explotación del acuífero. Los resultados se expresan en índices de baja, media y alta vulnerabilidad.

La combinación de estos dos métodos nos dejó como resultados mapas de vulnerabilidad con altos grados de precisión, los cuales serán utilizados como herramientas en el adecuado uso de los manejos sustentables de los recursos hídricos subterráneos, además de poder ordenar el uso del territorio en esta área <sup>21</sup>.

### **2.1.11. Aplicación de un análisis CLUSTER para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos**

Esta investigación se realizó en el acuífero de Torremolinos ocupando una extensión de 56 km<sup>2</sup> entre las localidades de Alhaurín de la Torre y Benalmádena, al Oeste de la ciudad de Málaga, España en el año 2003.

Para realizarla se compararon los resultados obtenidos a través del análisis cluster con otros precedentes de la aplicación de distintos métodos para cartografía de vulnerabilidad como son (DRASTIC, GOD y AVI).

En esta zona hay una intensa actividad urbanística que propicia la presencia de carreteras, gasolineras, canteras y vertederos de residuos sólidos urbanos, que ponen en peligro la calidad de las aguas subterráneas. En menor medida, la actividad agrícola también está presente, aunque la mayoría de las parcelas no tienen un fuerte impacto al situarse sobre materiales de baja permeabilidad y no hacer uso de pesticidas y herbicidas. El incremento poblacional y el desarrollo turístico de la Costa del Sol ejercen una fuerte presión sobre los recursos hídricos maximizada en el periodo estival.

La cartografía resultante del análisis cluster muestra una distribución espacial de la vulnerabilidad del acuífero similar a la ofrecida por otros métodos, e incluso se observa en algunas zonas del acuífero una mayor capacidad de discriminación espacial. El grado de vulnerabilidad, de las distintas unidades espaciales homogéneas obtenidas a partir del cluster, se ha establecido mediante un análisis de la distancia al punto ideal<sup>22</sup>.

### **2.1.12. Evaluación de la vulnerabilidad a la Contaminación de un acuífero – Comparando los métodos GOD y DRASTIC**

El presente trabajo se realizó en el acuífero Mercedes de la ciudad de Paysandú, Uruguay en el año 2004, con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad de este acuífero a la contaminación.

Lo realizaron mediante los métodos GOD y DRASTIC los cuales trabajan con parámetros y características intrínsecas, en el caso del primero, mientras que el otro trabaja con parámetros externos como recarga, topografía e impacto de la zona no saturada.

Debido a que en esta zona no hay información sobre este tema se procedió al cálculo de los mapas de vulnerabilidad, los cuales permitirán visualizar las regiones más sensibles a la contaminación, y además constituyen una herramienta importante para la elaboración del ordenamiento territorial, basándose principalmente en la protección de los recursos hídricos subterráneos.

Los resultados de esta investigación definen zonas aptas para cierto tipo de actividades, las cuales al desarrollarse no generen gran impacto sobre el agua subterránea. Obviamente también indican las zonas en las que no debía realizarse ningún tipo de actividad o en las que realizar modificaciones físicas que impidan la llegada de los contaminantes al acuífero<sup>23</sup>.

### **2.1.13. Aplicación del método Sintacs para la determinación de la Vulnerabilidad acuífera**

Este estudio, fue para determinar los niveles de vulnerabilidad acuífera para el agua subterránea en la cuenca del río Duero, Michoacán, México en el año 2013 mediante la utilización del método SINTACS. Esta cuenca se localiza al noroeste del estado de

Michoacán, dentro de la Región Hidrológica No. 12, Lerma-Santiago, específicamente en la Zona Hidrológica Río Lerma-Chapala.

Se aplicó el método SINTACS, para medir el grado de vulnerabilidad al que puede estar sujeto el acuífero por actividades naturales o antrópicas. Este consiste en un análisis por cuadrantes de 0.25 km<sup>2</sup>, de los siete factores del método: profundidad del nivel piezométrico (S); infiltración efectiva (I); capacidad de atenuación de la zona no saturada (N); tipo de suelo (T); características hidrogeológicas del acuífero (A); conductividad hidráulica (C) y pendiente (S).

Los valores obtenidos de vulnerabilidad mediante la aplicación del método SINTACS muestran para la cuenca dos niveles principales: una vulnerabilidad baja y otra media. En menor proporción se identifican zonas con la vulnerabilidad muy baja y alta.

Los niveles de vulnerabilidad resultantes están directamente relacionados con las condiciones hidrogeológicas, de tal manera que los rangos mayores obtenidos están asociados a sitios donde las condiciones del acuífero son libres; los rangos de vulnerabilidad menores se relacionan con áreas donde el acuífero es semiconfinado, representados por materiales arcillosos de baja conductividad hidráulica <sup>24</sup>.

#### **2.1.14. Aplicación de un SIG para estimar la vulnerabilidad del agua subterránea**

Este trabajo tuvo como objetivo estimar la vulnerabilidad a pesticidas de los acuíferos destinados a suministrar agua para consumo humano a las localidades en el interior de la cuenca, abastecimiento para riego y abrevado de animales, fundamentalmente ganado bovino, aplicando el método DRASTIC a la cuenca del Arroyo Feliciano (Entre Ríos), Argentina en el año 2010. La cuenca del Arroyo Feliciano de 8.199,4 km<sup>2</sup> se encuentra ante un cambio en el uso del suelo pasando de una ganadería extensiva y bajo monte natural, a un uso arrocero – sojero. Se desconoce si existen contaminaciones producidas por la actividad agrícola, lo que es un objetivo a alcanzar con el proyecto.

Utilizando un Sistema de Información Geográfica, se generó el modelo digital de elevación, de suelos, uso de la tierra e isopiezas de los acuíferos, se crearon las diferentes capas de información para cada una de las variables requeridas por la metodología. Los resultados muestran que las áreas de mayor vulnerabilidad se limitan a las cercanías de los cauces menores y curso principal del Arroyo Feliciano, donde la profundidad al acuífero es mínima, en el resto de la cuenca el efecto del espesor de los limos y arcillas de la Formación Hernandarias actúa como una protección al mismo. El método resulta útil para describir la vulnerabilidad de un área a la escala mencionada pero necesita determinaciones experimentales para su validación <sup>25</sup>.

#### **2.1.15. Evaluación de la Cartografía de la Vulnerabilidad para la protección de acuíferos carbonatados mediante el método PCOK**

Este trabajo lo realizaron en Europa en el año 2002, con el fin de elaborar una cartografía de la vulnerabilidad para la protección de acuíferos carbonatados y así mejorar los sistemas de tratamiento de las aguas subterráneas.

La metodología propuesta en este trabajo se basa en fundamentos físicos del problema a analizar considerando las características de los medios carbonatados sin excluir su aplicabilidad a condiciones geológicas. Combinando factores fundamentales de las capas superiores y concentraciones del flujo, para así tener la protección relativa del agua subterránea frente a la contaminación, considerando las potenciales vías de flujo

preferencial. El método además utiliza un factor de precipitación para describir del agua que entra al sistema.

Los acuíferos carbonatados son especialmente vulnerables a los diferentes impactos humanos ya que el agua puede moverse rápidamente a través de las fisuras ensanchadas por disolución, arroyos, hundimiento, proporcionan puntos de entrada directa a las aguas subterráneas, con poca o ninguna atenuación de contaminantes, y la cobertura del suelo suele ser delgada o ausente. Por lo tanto, se requieren estrategias especiales con el fin de preservar la cantidad óptima y la calidad de las aguas carbonatadas. La gestión de este recurso es reconocido en Europa como una alta prioridad.

Este trabajo ayuda en la aplicación de un correcto uso y control del agua subterránea, proporcionando un enfoque coherente para considerar y describir el componente de vulnerabilidad de las cuencas fluviales <sup>26</sup>.

#### **2.1.16. Análisis de las Cargas contaminantes y peligros a las aguas subterráneas**

Este trabajo se realizó en Latinoamérica en el año 2002, y tiene como finalidad la protección de los recursos hídricos subterráneos restringiendo la ocupación de terrenos con acuíferos muy vulnerables o con un perímetro de protección de pozos ya establecido.

El método para esta investigación es el POSH el cual se enfoca en los siguientes datos, como son la localización de la actividad; inicio y fin de su funcionamiento si es que sucede; tipo de actividad y tamaño definido a través del área ocupada.

Para esto se debe identificar, entender y clasificar los peligros que hay cerca de los acuíferos, pozos, los cuales degraden la calidad del agua subterránea. A pesar de que estas actividades potencialmente contaminantes sean demasiado complejas, es posible dimensionar su probabilidad de generación.

Los resultados de este trabajo tienen como base técnica la restricción de la ocupación del terreno con relación a la vulnerabilidad de los acuíferos o a los perímetros de protección de pozos. Removiendo si es necesario una actividad que resulte potencialmente contaminante para el acuífero o una captación subterránea. Por tal razón estos estudios han demostrado que las cargas contaminantes son las que controlan la contaminación del acuífero, excepto en zonas donde la vulnerabilidad es alta o las captaciones están en mal estado <sup>27</sup>.

#### **2.1.17. Influencia de una actividad en la calidad del agua de un acuífero**

Este trabajo lo realizaron a un acuífero del tipo libre el cual se localiza en el valle del Guadiana en la ciudad de Durango, México la cual se encuentra a una altura de 1880m sobre el nivel mar, además sus niveles freáticos están entre los 3 y 30 m, mientras que la profundidad de los pozos es entre 7 y 150 m en la zona de estudio, el cual fue en el año 2002.

Debido a que un relleno sanitario es un generador constante de lixiviados se realizó este trabajo, como sabemos estos son un problema potencialmente impactante en el agua subterránea, por tal razón es necesario conocer la posible distribución de contaminantes en una superficie aproximada de 78,5 Km<sup>2</sup>.

Para realizarlo se necesitó información respecto a la topografía, geología, hidrología, clima, antecedentes sobre la calidad del agua de pozo del área de estudio. Después de esto se dividió a la zona de estudio en áreas alrededor del basurero en las cuales hay

un pozo de agua, el cual sirve para hacer los muestreos trimestrales de la calidad del agua. Para según la información obtenida realizar mapas de isolíneas mediante un programa específico.

Los resultados de este trabajo revelaron que el 15% de los pozos tiene contenidos altos de nitratos, además la dureza está en rangos fuera de lo establecido en las normas solamente en un pozo cercano al basurero. Pero según los antecedentes de estudios anteriores es posible que los altos valores de nitratos no sean producidos por el basurero, sino por otros factores como mal estado de los drenajes municipales <sup>28</sup>.

#### **2.1.18. Evaluación de la calidad del agua subterránea**

Este trabajo se realizó en acuíferos prioritarios de la región Cuencas Centrales del Norte, México, en el año 2002, la cual comprende pozos de los estados de Coahuila, Durango, Zacatecas y San Luis Potos.

La investigación en esta zona se realizó principalmente debido a la posible presencia de ciertos metales como son el arsénico, manganeso, plomo, mercurio los cuales degradarían la calidad del agua subterránea.

Para esto se aplicó una metodología con el fin de identificar el tratamiento más adecuado para cada región, para de esta forma poder proporcionar recomendaciones adaptadas a las características de cada pozo, según su problemática.

Los resultados demuestran que la calidad del agua de pozos es mala, debido a altos contenidos de sales, solidos disueltos que le imparten dureza y alta conductividad. Esto posiblemente es debido a la presencia de especies toxicas como arsénico, aunque el mercurio y el plomo no se detectaron. A pesar de esto no se han realizado los tratamientos necesarios para mejorar la calidad del agua, considerando que los tratamientos para la remoción de dureza conllevan la remoción de especies toxicas como el arsénico, y que puede mejorarse al incluirse algunas mejoras a los tratamientos tradicionales <sup>11</sup>.

#### **2.1.19. Diagnóstico de la calidad del agua Subterránea**

Este trabajo se realizó en los sistemas municipales de abastecimiento en el estado de Yucatán, México en el año 2004.

Debido a que principalmente el uso del suelo es dedicado a las actividades agrícolas y pecuarias, es posible la contaminación del agua subterránea por el uso no controlado de agroquímicos y la disposición inadecuada de los desechos.

Por esta razón se elaboró un diagnóstico de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua potable. Para esto se evaluó la calidad química y bacteriológica del agua subterránea, tomando muestras de 106 cabeceras municipales de este estado.

Los resultados de los análisis microbiológicos demostraron que la calidad del agua está clasificada como peligrosa y muy contaminada en lo que es la parte oriental del estado. Mientras que los valores químicos del agua subterránea en función del número de parámetros que excedieron los límites de las normas son los nitratos, sodio, dureza total y cadmio.

En conclusión este trabajo recomienda a la población de este estado no dejar de clorar el agua para su distribución especialmente donde la situación es crítica debido a la contaminación microbiológica y en los casos donde no existe cloración continuar hirviendo el agua antes de su consumo <sup>10</sup>.

### **2.1.20. Evaluación de la vulnerabilidad de un acuífero mediante la metodología DRASTIC**

Este trabajo se realizó en el acuífero de Morroa el cual es una fuente importante de abastecimiento de agua tanto para los departamentos de Sucre y Bolívar, Colombia en el año 2009. La zona de estudio es de 526.9 Km<sup>2</sup> y se localiza en el departamento Sucre.

Para realizarlo fueron elaborados mapas de vulnerabilidad intrínseca y específica mediante la metodología DRASTIC la cual es una herramienta muy usada y confiable gracias a las variables que encierra. Además se definió la geometría del sistema basándose en las variables del método, mediante el software Arcgis 9.2

Debido a que la zona de estudio por muchos años, ha venido realizando actividades relacionadas con plaguicidas para lo que es el control de plagas, es posible que las aguas están expuestas a una contaminación por agroquímicos.

Los resultados de este trabajo constituyen una base de gestión ambiental y un punto de partida para investigaciones que estén encaminadas a la protección del acuífero contra la contaminación por plaguicidas y demás sustancias de especial cuidado ambiental <sup>1</sup>.

### **2.1.21. Vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación**

Este trabajo se realizó en un acuífero Pampeano en el norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina en el año 2005. El área es una región maicera de aproximadamente 1800000 ha.

Por tal razón este trabajo consiste en evaluar la vulnerabilidad del acuífero mediante el método más confiable como lo es el DRASTIC el cual permite establecer zonas con distintos grados de vulnerabilidad y realizar mapas de vulnerabilidad.

La zona de estudio es agrícola-ganadera por tal razón puede generarse contaminación por la aplicación de fertilizantes y plaguicidas utilizados en exceso también por la descomposición de los residuos orgánicos.

Los resultados de la metodología DRASTIC a nivel regional reflejan una vulnerabilidad moderada para los años con precipitaciones promedio. Además de que los parámetros más influyentes en este índice son la profundidad del nivel freático y la recarga del acuífero. Como también que los años lluviosos son lo que aumentan la vulnerabilidad de los acuíferos debido a que se producen ascensos notables de la capa freática <sup>8</sup>.

## **2.2. PRE-FACTIBILIDAD**

Según las diferentes alternativas propuestas en los artículos científicos, analizaremos y compararemos las más similares a nuestra problemática, con el fin de garantizar una mejorar la calidad del agua cruda del pozo de la parroquia Chacras, cantón Arenillas.

### **2.2.1. Análisis comparativo de las alternativas**

La mayoría de las alternativas seleccionadas se basan en la protección del agua subterránea debido principalmente a los riesgos que están expuestas bien sea por el hombre o por condiciones naturales.

Entre las principales tenemos:

- Modelos hidrológicos del agua subterránea
- Mapas de vulnerabilidad del agua subterránea
- Descontaminación del agua subterránea
- Perímetros de protección de pozos
- Análisis de cargas contaminantes en aguas subterráneas
- Influencia de actividades en las aguas subterráneas
- Evaluación de aguas subterráneas

**Tabla 1.** Comparación de alternativas de solución

Alternativas	Descripción	Ventajas	Desventajas
<b>Modelos hidrológicos del agua subterránea</b>	Estos métodos sirven para evaluar los impactos en el agua subterránea así como también conocer el nivel de la capa freática, características del suelo como textura, capacidad de retención de humedad, capacidad de infiltración las cuales configuran las condiciones para la infiltración de las precipitaciones, que producen la recarga del acuífero.	El modelo incluye los valores químicos de la calidad del agua. Evalúan los efectos de contaminación en el agua subterránea.	Requieren mayor cantidad de datos, personal con experiencia, demandan más tiempo de implementación y son costosos.
<b>Mapas de vulnerabilidad del agua subterránea</b>	Estos mapas indican la susceptibilidad del agua subterránea a ser contaminada por actividades generadas en la superficie en función de las características físicas, geológicas, hidrológicas, hidrogeológicas del área de estudio. Para lo cual existen diversas metodologías como son DRASTIC, GOD, SINTACS, CLUSTER, PCOK, etc.	Sirven para definir las áreas más probables a la contaminación. Se pueden realizar con datos ya existentes del área de estudio. Existen métodos dependiendo del tipo de contaminante.	Según el método y el tipo de contaminante analiza más variables. Tienen poca confiabilidad si no existen todos los parámetros necesarios.
<b>Descontaminación del agua subterránea</b>	Este método consiste en simular procesos de contaminación del agua subterránea con el fin de eliminar metales pesados y metaloides, además de la reducción de sulfatos, nitratos y la retención de Cd, Mn, Sb, Cu. Se puede realizar de dos formas gracias a experiencias en el tema como son los ensayos de laboratorio con material radioactivo y los ensayos de recarga inducida.	Es muy útil para tratar el agua contaminada debido al vertido de lixiviados en aguas subterráneas.	Se requiere de personal capacitado, de un laboratorio de primera, además de filtros especiales.
			Evalúan los efectos de las



<p><b>Perímetros de protección de pozos</b></p>	<p>Son métodos que consisten en preservar un sistema natural ya sea de actividades antrópicas, cambios climáticos, etc. los cuales requieran medidas específicas con el fin de mantener una adecuada gestión y sostenibilidad que garantice la eficiencia de estas captaciones. Para determinarlos existen modelos analíticos y numéricos.</p>	<p>Son fáciles de usar, requieren poca información y la mayoría de los códigos se encuentran fácilmente disponibles en forma gratuita.</p>	<p>incertidumbres en la forma y tamaño de las zonas de protección y como herramienta de predicción en la evaluación de escenarios futuros de extracción e impactos sobre el sistema hidrológico.</p>
<p><b>Análisis de cargas contaminantes en aguas subterráneas</b></p>	<p>Este método se basa en plantear un programa de protección de las aguas subterráneas el cual estudie las actividades potencialmente contaminantes y considere si estas son o no un peligro para el acuífero, a partir de ahí determina los diferentes grados de vulnerabilidad o perímetros de protección de pozos según el tipo de contaminante.</p>	<p>Analiza las actividades desde un punto de vista histórico, del área que ocupa y de las sustancias que genera. Identifica las actividades que representan mayor probabilidad de afectar al acuífero.</p>	<p>Requiere de gran conocimiento en el tema de actividades potencialmente contaminantes, para poder establecer su probabilidad de generación de contaminantes.</p>
<p><b>Influencia de actividades en las aguas subterráneas</b></p>	<p>Para poder emplear esta alternativa se necesita conocer los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua subterránea cercana a la actividad probablemente contaminante. Para de esta forma poder concluir que esta actividad es la responsable de la degradación de la calidad del agua se realizaran muestreos constantes y se indicaran los parámetros que estén fuera de lo establecido en las normas de calidad del agua.</p>	<p>Analiza el tipo de actividad contaminante para proponer las medidas correctivas. Establece un área de estudio cercana a la actividad contaminante basándose en datos ya existentes.</p>	<p>Requiere de constantes monitoreos durante todas las estaciones del año. Los análisis de calidad del agua son muy costosos debido a la gran cantidad de parámetros que analizan.</p>

<p><b>Evaluación de aguas subterráneas</b></p>	<p>Estas evaluaciones que se le hacen al agua subterránea consisten en generar herramientas que ayuden a tomar decisiones con respecto a la protección y al correcto uso de este recurso, por lo cual se realizan muestreos constantes que permitan conocer si la calidad del agua está o no cumpliendo con la normativa de la región de estudio.</p>	<p>Analiza todos los parámetros que afecten de alguna forma la calidad del agua. Según los resultados obtenidos se pueden analizar las medidas a tomar para mejorar la calidad del agua.</p>	<p>Requieren muestreos constantes durante todas las estaciones del año. No establece el origen de la degradación de la calidad del agua.</p>
--	---	--	--

### **2.3. FACTIBILIDAD**

Como nuestro problema consiste en una posible afectación de las aguas servidas en la calidad del agua cruda y las alternativas que más se enfocan a proteger el área de captación del agua subterránea son los Perímetros de protección de pozos junto con una cartografía de la vulnerabilidad del acuífero ya que estas combinadas tienen como propósito proteger las fuentes de consumo de agua de las actividades antrópicas circundantes a la captación.

Estos temas son factibles por varias razones entre las que están:

La necesidad de extremar las actividades cercanas a una obra de captación subterránea. Por tal razón al establecer un perímetro de protección de pozos la calidad del agua tendrá una garantía, debido a la restricción de las actividades antrópicas cercanas a la captación subterránea, con el fin de garantizar la calidad de este recurso, por esta razón nuestro trabajo tendrá una buena aceptación en la comunidad.

Otra razón es que los parámetros que están alternativas analizan para dar un diagnóstico de la situación son muy comunes y normalmente se encuentran archivados en las entidades públicas o gubernamentales, solo es necesidad de investigar y de realizar las comparaciones con los resultados que se obtengan, para tomar las medidas necesarias.

Los miembros de la junta de agua y departamento técnico del municipio de Arenillas, han aceptado y colaborado de manera desinteresada con nuestro trabajo aportando con información de mucha ayuda para nuestro trabajo.

Según lo estudiado anteriormente y conociendo que nuestra alternativa tiene diversos métodos para ser realizadas, optaremos por escoger la más acorde a la realidad de nuestro problema.

Para el presente trabajo planteamos la siguiente alternativa para el tema “Afectación de las aguas servidas en la calidad del agua cruda en la parroquia Chacras, cantón Arenillas, provincia de El Oro” como es elaborar un perímetro de protección de pozos mediante un método analítico junto con una cartografía de la vulnerabilidad del agua subterránea aplicando la metodología DRASTIC, al pozo IEOS-5 que abastece a la población de la parroquia Chacras, cantón Arenillas.

El lugar donde se encuentra la captación de aguas subterráneas además de ubicarse en una zona poblada en la que está expuesta a las diversas actividades de la población, también su ubicación es cercana al depósito receptor de aguas servidas lo cual es un foco posible de contaminación.

El mismo que se encuentra a una ubicación de 25 m con respecto a la estación de bombeo por lo que es posible una contaminación del tipo microbiológico debido al efecto del cono de succión producido por el bombeo constante.

Los perímetros de protección de pozos y la cartografía de vulnerabilidad del acuífero son estrategias combinadas que delimitan una zona alrededor del pozo, uso de la tierra y definen la susceptibilidad del acuífero ante algún problema de contaminación.

En nuestro trabajo haremos uso las dos estrategias de manera integrada, tomando en consideración el control de la ocupación territorial, siempre desde la perspectiva de una aplicación positiva dentro de nuestra realidad.

Considerando que las posibilidades de depuración en el acuífero son limitadas y que el mejor método de protección es, por tanto, la prevención. No contaminar, controlar los

focos de contaminación para conocer bien sus efectos y evitar que las sustancias contaminantes lleguen al acuífero son los mejores métodos para poder seguir abasteciéndonos de ellos sin problemas.

## 2.4. MARCO TEÓRICO

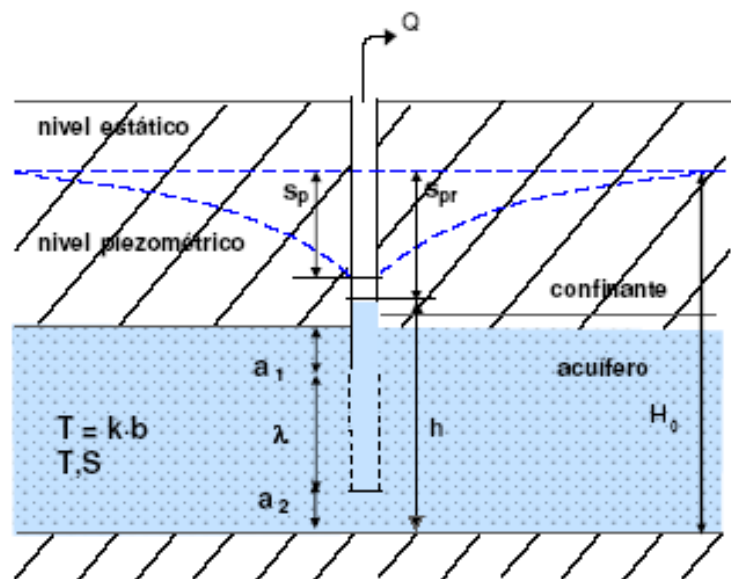
### 2.4.1. Captaciones subterráneas

Las captaciones subterráneas son las que extraen al agua de un acuífero con el máximo rendimiento. Cuando nos referimos a captaciones subterráneas principalmente nos referimos a pozos verticales, como es el caso de nuestro trabajo. El cual es una obra que tiene acceso al acuífero y dentro de él una obra que permita la extracción del agua cruda.

### 2.4.2. Pozos profundos

Los pozos profundos son captaciones verticales de sección circular compuestas por la entubación de acero rodeada por un filtro granular, la cual depende de las características del acuífero. La profundidad de la bomba depende de la ubicación del acuífero y del caudal a extraer, estando en la mayoría de ocasiones entre los 20-150m, en la actualidad los métodos de construcción son más precisos y eficientes.

**Gráfico 1.** Esquema de funcionamiento de un pozo de bombeo



**Fuente:** Hidráulica de captaciones profundas. Prof. Eduardo Batista

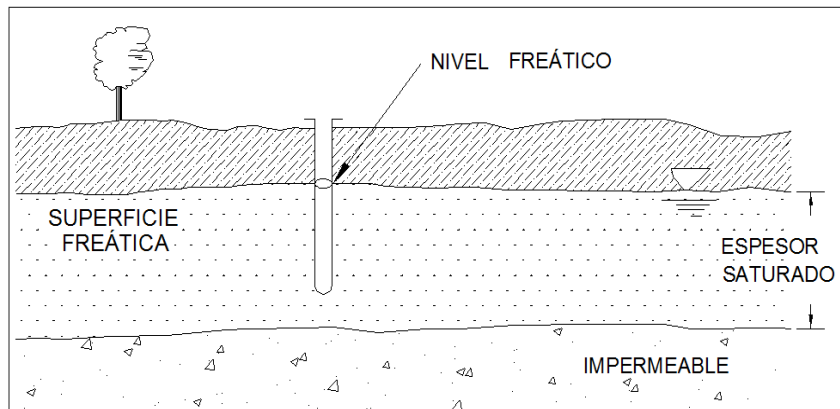
### 2.4.3. Acuífero

Son formaciones geológicas que pueden almacenar y transmitir agua a tasas suficientes para satisfacer la extracción desde un pozo de bombeo. La permeabilidad intrínseca de un acuífero es en general igual o superior a  $10^{-2}$  Darcy. Arenas y gravas no consolidadas, arenillas, limos y dolomitas, basaltos, así como rocas metamórficas y plutónicas fracturadas son algunos ejemplos de unidades geológicas consideradas acuíferos. Entre los principales tipos de acuíferos tenemos:

**Acuífero no confinado o libre:** Estos acuíferos están cerca a la superficie terrestre, formado de estratos continuos con materiales de alta permeabilidad intrínseca que se extienden por toda la superficie del terreno hasta la base del acuífero. En los acuíferos libre la superficie hasta donde llega el agua se denomina capa freática, la cual cuando

es atravesada por un pozo se la denomina nivel freático cuando llega a este punto. En estos acuíferos se tiene un espesor saturado, el cual es menor o igual que el espesor del estrato.

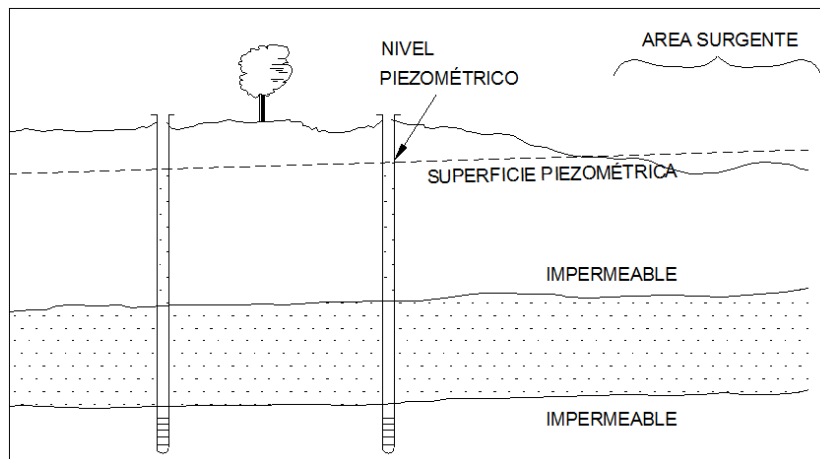
**Gráfico 2.** Acuífero no confinado o libre



**Fuente:** Ojeda, Medina, Herrera (2008)

**Acuífero confinado o cautivo:** El agua se encuentra a presión, por tal razón si se extrae agua los poros no se vacían, solo disminuyen la presión del agua y en menor medida la de la matriz sólida. Esto debido a que sobre el acuífero existe un estrato confinante superior, probablemente de arcilla.

**Gráfico 3.** Acuífero confinado o cautivo



**Fuente:** Ojeda, Medina, Herrera (2008)

En nuestro trabajo los pozos atraviesan el acuífero libre denominado Q2 y captan el agua del acuífero confinado Neógeno o también llamado formación Puna.

#### 2.4.4. Calidad del agua subterránea

Generalmente las aguas subterráneas son las de mejor calidad ya que no necesitan de costosos tratamientos para su uso, tienen un grado de contaminación bajo ya que las actividades radioquímicas y biológicas son menos propensas, y en algunos lugares son el único recurso.

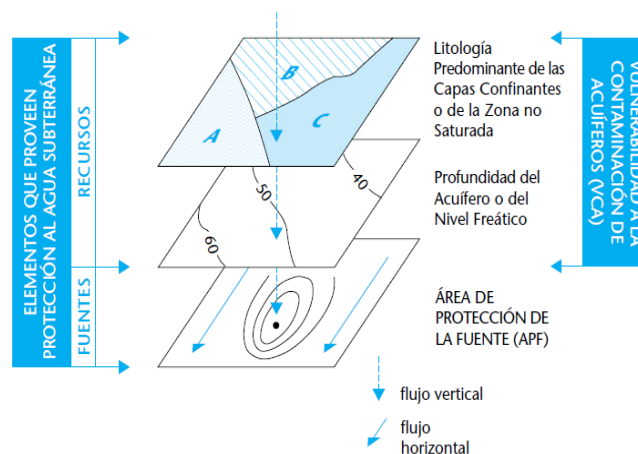
Es un término relativo que tiene importancia si este recurso va a ser para el consumo humano. Para decidir si esta agua es apta para un propósito en particular, debe decidirse su calidad en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones

se puede decir que la calidad del agua ha sido contaminada cuando se ha visto afectada por cambios que alteren su estado natural.

### 2.4.5. Vulnerabilidad

El término vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero se aplica para representar las características intrínsecas que determinan su susceptibilidad a ser afectados adversamente por una carga contaminante que produzca cambios químicos, físicos o biológicos que superen los límites máximos establecidos en las normativas que regulan la potabilidad del agua.

**Gráfico 4.** Componentes usados en la evaluación del agua subterránea en peligro de contaminación



**Fuente:** Foster, Hirata, Gomes, D'Elia, Paris (2007)

### 2.4.6. Metodología DRASTIC

“Es un esquema de clasificación numérica desarrollado para evaluar la contaminación potencial del agua subterránea para un sitio dado”<sup>20</sup>.

“El acrónimo DRASTIC proviene de las siglas en inglés y significan: D= profundidad (Depth to water table), R= recarga (Recharge), A= medio del acuífero (Aquifer media), S= suelo (Soil media), T= topografía (Topography), I= zona vadosa (Impact vadose zone) y C= conductividad hidráulica (Conductivity)”<sup>25</sup>.

Profundidad del acuífero con respecto al nivel del suelo: representa el espesor de los depósitos que el flujo contaminante tiene que atravesar antes de alcanzar el acuífero.

Recarga neta: representa el volumen de agua meteórica que se infiltra en el suelo por unidad de superficie, menos las pérdidas por el flujo superficial y por evapotranspiración.

Medio acuífero, representa las características del acuífero, en particular la capacidad del medio poroso y/o fracturado para transmitir los contaminantes.

Características del terreno, representa la capacidad de los suelos para oponerse a la movilización convectiva y/o difusiva de las sustancias contaminantes.

Topografía del área: representa la pendiente de la superficie topográfica, según la cual se acelera o decelera el flujo superficial.

Características de la zona no saturada, representa la capacidad del suelo para obstaculizar el transporte vertical.

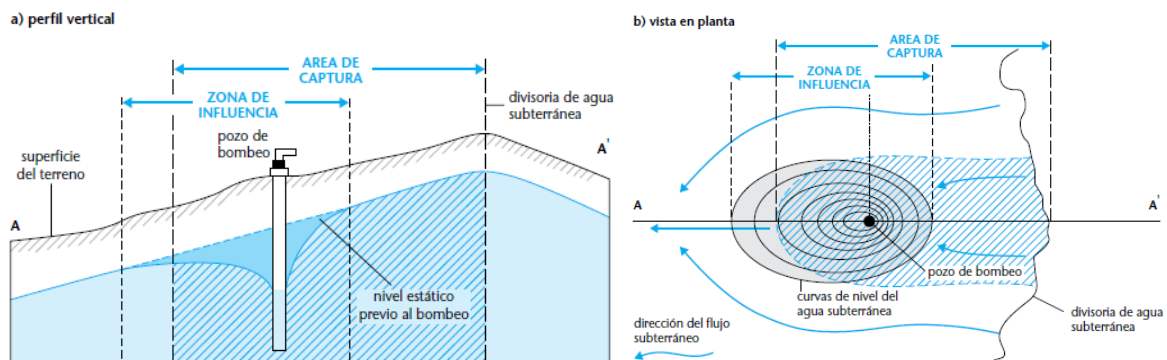
Conductividad hidráulica del acuífero, representa la capacidad del acuífero para transmitir horizontalmente la sustancia contaminante.

“Este es uno de los métodos más aceptados para trabajos de investigación, en relación con otros, por considerar mayor número de variables, lo que hace que los resultados obtenidos sean más confiables”<sup>1</sup>.

#### 2.4.7. Perímetros de protección

Son estrategias para la prevención a la contaminación de los acuíferos y de las fuentes de abastecimiento de agua subterránea, además son utilizados para ordenar los usos del territorio. Con el propósito de proteger las fuentes de suministro de agua, se establecen una serie de zonas, generalmente concéntricas, en torno a los pozos, sobre la base del conocimiento hidrogeológico, de las características de la explotación y la adopción de ciertos criterios (distancia horizontal, tiempo de flujo horizontal, porcentaje de área de recarga, capacidad de dilución y/o atenuación de la zona saturada, etc.).

**Gráfico 5.** Diferencia entre el área de captura y la zona de influencia de un pozo profundo



Fuente: Foster et al (2002)

#### 2.4.8. Área de captura de la fuente

Esta es la zona de protección en la que toda la recarga del acuífero será captada por la fuente de abastecimiento de agua en consideración. Esta área no debería confundirse con el área de influencia hidráulica producida por el bombeo del pozo. Estas áreas son muy importantes no solo para la protección de la calidad sino también en términos de manejo del recurso, como también en situaciones donde la explotación intensiva del agua subterránea se podría usar como áreas de conservación del recurso para abastecimiento de agua potable. En ocasiones es recomendable establecer un caudal protegido sobre la base de los caudales de extracción recientes conjuntamente con un incremento razonable pronosticado.

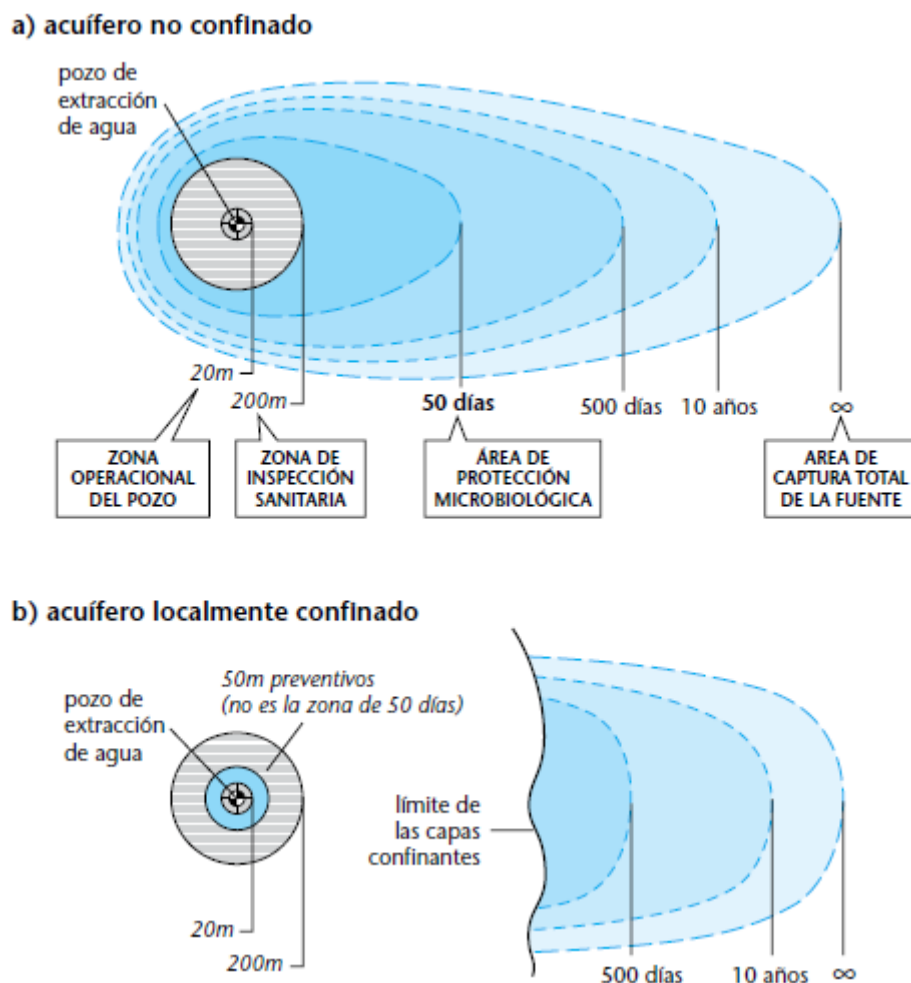
#### 2.4.9. Área de protección microbiológica

Es la zona donde se previene la ingestión de agua subterránea contaminada por virus, bacterias y parásitos patógenos los cuales ingresan a los acuíferos a través de pozos someros, drenajes o cursos superficiales con aguas contaminadas, a pesar de esto las formaciones tienen la capacidad natural de atenuar cierta contaminación protegiendo al acuífero de los contaminantes que se dirijan hacia él. Este perímetro de protección es el más importante en términos relacionados con la salud pública, debido a que es el de menor tamaño y resulta más fácil implementarlo y hacerlo cumplir.

#### 2.4.10. Zona operacional del pozo

Es el perímetro de protección más interior en la zona operacional del pozo, la cual comprende el área del terreno alrededor de la propia fuente de abastecimiento. Es recomendable que esta área sea propia y este bajo control permanente de una persona que realice el bombeo y mantenimiento. En esta área no se permitirán actividades que no estén relacionadas con la extracción del agua ya que si se realizan es posible que alcancen la fuente ya sea de forma directa o indirectamente. Además para prevenir el acceso de terceros se implementara una cerca perimetral la cual es arbitraria y depende en cierto modo de la naturaleza de las formaciones geológicas.

**Gráfico 6.** Esquema idealizado de áreas de captura y perímetros de protección según el transito entorno al pozo profundo.



**Fuente:** Foster et al (2002)



**2.4.11. Ejemplos reales de perímetros de protección de pozos en abastecimientos públicos de agua**

**Gráfico 7.** Zona operacional del pozo en un área rural forestada, bien diseñada, drenada y mantenida.



**Fuente:** Foster, Hirata, Gomes, D'Elia, Paris (2007)

**Gráfico 8.** Zona operacional del pozo dimensionada y protegida en forma inadecuada, amenazada por riego agrícola con aguas residuales urbanas.



**Fuente:** Foster, Hirata, Gomes, D'Elia, Paris (2007)

#### **2.4.12. Depósitos y conducciones**

Se sitúa a unos 500 m del pozo IEOS-5 pero no se encuentra actualmente en servicio por tal razón la bomba de la estación de bombeo realiza un trabajo extra impulsando el agua hasta las residencias, lo que hace que el servicio sea deficiente en la actualidad. Por tal razón el servicio para una parte de la población es desde las 08H00 hasta las 12H00.

#### **2.4.13. Esquema general de la captación**

El pozo IEOS-5 es una de las 2 principales captaciones subterráneas que abastecen a una población de 1319 habitantes y distribuye a la parte baja de la parroquia.

#### **2.4.14. Microbiología**

Como se observa en los análisis microbiológicos realizados en el laboratorio de control de calidad de la empresa regional de agua potable, se puede analizar la presencia de coliformes fecales, coliformes totales, bacterias aerobias totales por encima de lo establecido en la Norma INEN 1108.

#### **2.4.15. Físico química**

Como se observa en los análisis físico-químicos realizados en el laboratorio de control de calidad de la empresa regional de agua potable, se puede analizar que los parámetros del manganeso y nitritos están fuera del rango de lo establecido en la Norma INEN 1108.

#### **2.4.16. Focos de posible contaminación**

Lo focos de posible contaminación del agua subterránea están clasificados en:

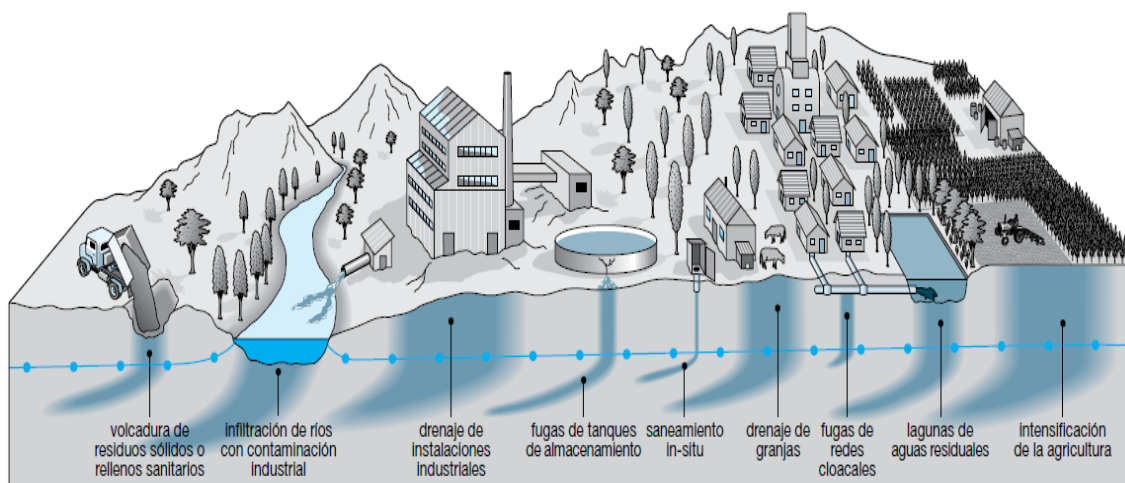
Desarrollo urbano.- el desarrollo urbano consta de actividades como saneamiento sin red cloacal, cloacas con fugas, lagunas de oxidación de aguas servidas, descarga de aguas residuales en el suelo, aguas residuales en ríos influentes, lixiviación de rellenos/volcaderos de basura, tanques de almacenamiento de combustible, sumideros de drenaje de las carreteras.

Producción industrial.- la producción industrial consta de actividades como tanques/tubería con fugas, derrames accidentales, aguas de proceso/lagunas de efluentes, descarga de efluentes en el suelo, descarga de ríos influentes, volcaderos de residuos con lixiviación, sumideros de drenaje, precipitación aérea de sustancias.

Producción agrícola.- la producción agrícola consta de actividades como son el cultivo y la crianza de ganado y procesos de cosecha.

Extracción minera.- la extracción minera consta de actividades como alteración del régimen hidráulico, descarga de aguas de drenaje, aguas de proceso /lagunas de lodos y volcaderos de residuos con lixiviación.

## Gráfico 9. Procesos comunes de contaminación del agua subterránea



Fuente: Foster, Hirata, Gomes, D'Elia, Paris (2007)

### 2.4.17. Inventario de los focos de contaminación posibles en nuestro trabajo

La principal actividad situada cerca a la captación subterránea y que es un foco posible de contaminación se muestra a continuación.

#### Aguas servidas

La ubicación del depósito receptor de aguas servidas está a una ubicación de 25 m con respecto a la estación de bombeo por lo que es posible una contaminación del tipo microbiológico debido al efecto del cono de succión producido por el bombeo constante.

### 2.4.18. Indicios de contaminación cerca de las captaciones

Debido a que el depósito receptor de aguas servidas además de estar cercanas a la captación subterránea están colapsadas por motivo de seguir trabajando una vez cumplida su vida útil, produciendo pozas de aguas negras frente a la estación de bombeo, por tal razón la prefectura de El Oro construyó el sistema de alcantarillado para evitar que las aguas servidas dejen de ser vertidas sin tratamiento sobre las quebradas de las parroquias.

## 2.5. ASPECTOS GENERALES DE LA PARROQUIA CHACRAS

### 2.5.1. Ubicación geográfica

La parroquia Chacras pertenece al Cantón Arenillas, Provincia de El Oro. Se encuentra ubicada al noroeste del mencionado cantón y a 2.5Km de la vía panamericana que une a los cantones de Arenillas y Huaquillas.

Sus Límite son:

**Norte:** Cantón Huaquillas y la Vía Panamericana

**Sur:** Parroquia Carcabón

**Este:** Vía Panamericana

**Oeste:** Canal Internacional y El Río Zarumilla

### **Coordenadas geográficas:**

Longitud: 80° 12' 48" Oeste

Latitud: 3° 33' 05" Sur

### **Coordenadas cartográficas:**

588844 Este

9608045 Norte

Altitud 25.00 msnm.

Ubicación del Proyecto, (Anexo I).

### **2.5.2. Topografía de la zona**

La Parroquia Chacras, se encuentra ubicada en una zona baja de la Provincia de El Oro, con una malla urbana de 294.00 Has., esta zona comprende la red ubicada entre el perfil del canal internacional con una cota de 17.00 msnm., hasta la vía panamericana con una cota de terreno de 25.25 msnm. Tomando como referencia el Hito "Chacras"; del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) ubicado en el sector Nor-oeste del centro urbano de la parroquia, con una cota de 22.00 msnm.

### **2.5.3. Hidrografía**

La parroquia Chacras tiene como única fuente hidrográfica el río fronterizo Zarumilla límite entre Ecuador y Perú, este se forma en el cerro del oso y desemboca en puerto Pizarro (Perú), tiene una extensión de aproximadamente 50Km y cubre la franja lateral de la cabecera parroquial.

**Gráfico 10.** Río Zarumilla



**Fuente:** Gobierno parroquial Chacras 2015

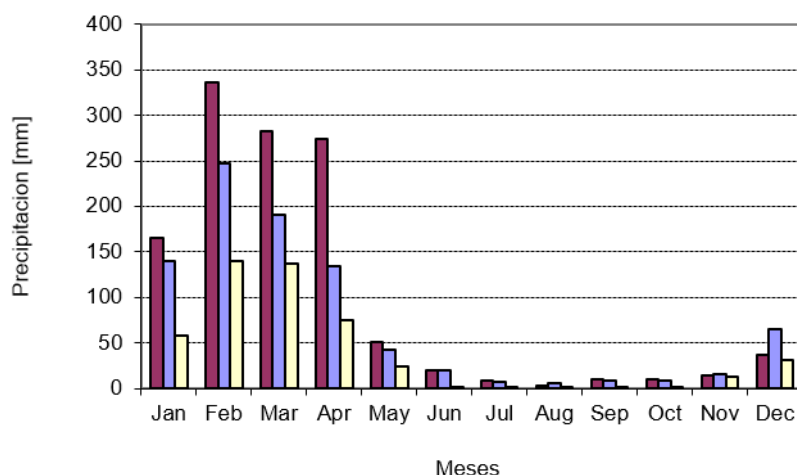
### **2.5.4. Clima**

#### **2.5.4.1. Precipitación:**

Las lluvias están concentradas en un período único comprendido entre enero y mayo y la temporada seca desde junio hasta diciembre. El tipo de clima se clasifica como subdesértico.

La precipitación mínima es de 5.6 mm, la media de 135 mm, la máxima de 650 mm y la anual de 1630 mm según datos de una estación meteorológica.

**Gráfico 11. Precipitación pluri-anual media mensual**



**Fuente: IEAE 2006**

#### **2.5.4.2. Temperatura:**

Debido a la importancia de este parámetro se lo desglosa en temperaturas medias, medias máximas y medias mínimas mensuales. La temperatura mínima es de 22.7 °C, la media de 25 °C, la máxima de 28 °C y la anual de 28.1 °C según datos de una estación meteorológica.

#### **2.5.4.3. Nubosidad:**

La nubosidad de la estación cuenta con un registro de observaciones diarias a las 07, 13 y 17 horas, respectivamente. Dentro de este análisis se consideraron únicamente valores medios mensuales y viene expresada en octanos.

Los meses que tienen más nubosidad son los meses de Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre. Resumiendo diremos que la Parroquia de Chacras es una zona despejada.

La nubosidad mínima es de 1 octano, la media de 4.5 octanos, la máxima de 6 octanos y la anual de 4.5 octanos.

#### **2.5.4.4. Humedad Relativa:**

La humedad relativa está expresada en porcentaje y se dispone de observaciones diarias a las 07H00, 13H00 y 19H00; se incluye solamente valores medios mensuales. Los valores máximos son del 93 % de humedad, los valores medios son del 85%, y los valores mínimos son del 70% al 80%.

#### **2.5.5. Sistema de agua potable**

La parroquia no dispone de sistema de agua potable, en todos los sitios y en la cabecera existe agua entubada que abastece a los hogares por medio de red pública. Este sistema en la cabecera parroquial, se construyó en 1980 con el apoyo del municipio de Huaquillas, cuya fuente de captación queda aproximadamente a 100 metros, red de captación a 80 metros, y la red de distribución alcanza los 5 Km, son 200 usuarios de ellos 170 disponen de medidores.

#### **2.5.6. Aspectos socio - económicos**

La mayoría de los habitantes de este sector se dedican a la agricultura, y en menor proporción a la industria ladrillera.

En la actualidad el nivel económico de la parroquia se encuentra estancado, por lo cual la comunidad busca oficializar un paso de frontera con el vecino país del Perú para así generar una reactivación económica en el campo comercial.

Sin embargo este sector se encuentra en un moderado desarrollo dentro del campo social de la comunidad. Las viviendas en un 75% son de hormigón armado y el 25% son de madera y caña.

Cabe también mencionar, la falta de víveres, cuerpo de bomberos, recolección de basura, etc.

Según una encuesta socioeconómica realizada recientemente se obtuvo los siguientes datos:

- Total de familias 220
- Viviendas habitadas 186
- Viviendas vacías 34
- Número de habitantes 1319
- Número de estudiantes 212
- Casas de hormigón armado 168
- Casas de madera y caña 52

El total de habitantes de la parroquia Chacras, incluidos estudiantes de primaria y secundaria es de 1319 personas.

**2.5.7. Población económicamente activa**

Entre las principales actividades económicas tenemos las siguientes: agricultura, ganadería, crianza de animales domésticos, industria ladrillera y un producto representativo de exportación como es el mango, etc.

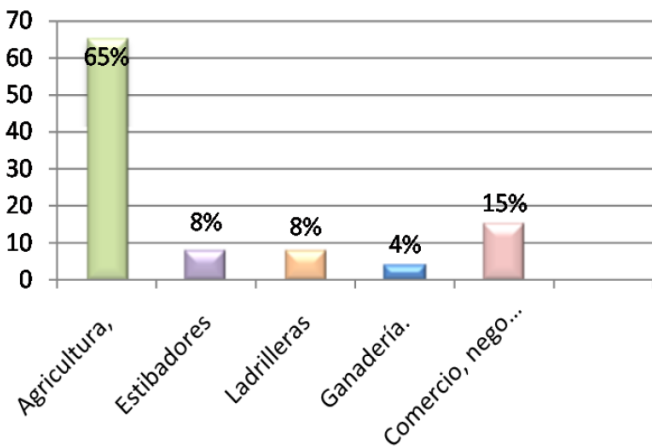
Por los estudios realizados comprobamos que las fuentes de trabajo provienen del sector agrícola, también obreros, jornaleros, empleados y otros.

El ingreso promedio de los diferentes niveles es:

Ingreso mensual de jornaleros..... 150.00 dólares

Ingreso promedio mensual de habitante activo..... 120.00 dólares

**Gráfico 12.** Actividades productivas en la parroquia Chacras



**Fuente:** Gobierno parroquial Chacras 2015

### 2.5.8. Salud

Existe un Sub - centro de Salud Rural llamado "Área de Salud Chacras" ubicado en el casco urbano de la Parroquia. Aun sabiendo que la población es muy numerosa. El grupo de mayor riesgo es la población infantil.

El personal que labora en el Sub-centro de salud es:

- 1 Medico rural
- 2 Enfermeras

En este centro asistencial se atienden casos de emergencia y enfermedades leves para casos de gravedad se tienen que acudir a los centros de Salud de Huaquillas o Arenillas.

Las enfermedades más comunes en el sector son las parasitarias, de la piel, de manera más esporádica y de origen epidémico como: paludismo, dengue, dengue hemorrágico, tifoidea, sarampión.

Comúnmente se presentan varios casos de Enfermedades Hídricas, la cuales son causadas por elementos patógenos, perjudiciales para la salud humana, que utilizan como vectores el agua y otros agentes como moscas, ratas y alimentos. Por lo regular, son originadas por descargas intestinales o por contagio. En general, las medidas preventivas son las mismas para todas las enfermedades:

- Suministro de agua potable con calidad química y bacteriológica aceptable.
- Adecuada disposición de excretas.
- Adecuada disposición de los residuos sólidos.
- Limpieza de alimentos y pasteurización de la leche.
- Protección de los causes receptores que cruzan por el sector
- Educación del público en los aspectos de higiene personal, saneamiento ambiental básico y jornadas de vacunación.

Las enfermedades hídricas son causadas por virus, bacterias, protozoos o helmintos. Estas enfermedades pueden ser de tipo endémico o esporádico.

**Tabla 2.** Enfermedades hídricas más comunes en la parroquia Chacras

ENFERMEDADES HIDRICAS	
ENFERMEDAD	AGENTE ETIOLÓGICO
Fiebre Tifoidea	Bacilo de Eberth
Fiebre Paratifoidea	Salmonella Paratyphi - A
Disentería Bacilar	Género Shigella
Cólera	Vibrio Comma
Parálisis Infantil	Virus
Parasitismo Intestinal	Virus
Gastroenteritis	Microorganismo
Hepatitis Infecciosa	Virus
Disentería Amibiana	Entamoeba Histolytica

## **2.6. METODOLOGÍA**

Para la concreción de los objetivos propuestos se realizaron las siguientes actividades como se detallan a continuación.

### **2.6.1. Lugar de investigación**

El presente proyecto se realizó en la parroquia Chacras perteneciente al cantón Arenillas, específicamente en el pozo de agua subterránea construido por el ex-IEOS y en el depósito receptor de aguas servidas.

### **2.6.2. Tipo de investigación**

El presente estudio fue de carácter descriptivo en el cual primeramente se analizó las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de pozo que abastecen a la parroquia Chacras, por otro lado se aplicó métodos fundamentados en artículos científicos para determinar los principales factores que afectan la calidad del agua.

### **2.6.3. Selección de técnicas de recolección de datos**

Para desarrollar este trabajo se realizó un control de calidad al agua extraída del pozo en estudio y de los cercanos a este, para así registrar esta información en los posteriores análisis.

La información existente acerca de estudios realizados en la parroquia Chacras relacionados con el agua subterránea es un elemento fundamental, el cual nos ayudara a obtener mayores datos con respecto a nuestra investigación. Gran parte de esta información constituirá el desarrollo de nuestro trabajo.

### **2.6.4. Tareas de campo**

Inventario de pozos de agua subterránea en la parroquia Chacras.

Descripción de las principales actividades antrópicas que afectan el área circundante al pozo IEOS-5.

Toma de muestras para realizar el control de calidad a las aguas de los pozos de agua cruda.

### **2.6.5. Tratamiento de datos**

Resumen de las características del acuífero a partir de datos existentes en el Senagua y en los análisis de la Organización Internacional de Energía Atómica.

Aplicación del método DRASTIC para determinar la vulnerabilidad del pozo a la afectación por las aguas servidas.

Se determinó el perímetro de protección de pozos mediante la metodología propuesta por Foster y se lo comparo con la propuesta por la norma INEN 1108.

Se recalculo el volumen del tanque elevado junto con las concentraciones de cloro necesarias para tratar el agua y que sea acta para el consumo humano.

### **2.6.6. Descripción del procedimiento metodológico general**

Para aplicar esta metodología, se recopilaron los valores para cada una de las variables relacionadas con la profundidad al nivel estático, recarga, tipo de acuífero, tipo de suelo, zona vadosa y conductividad hidráulica, correspondientes a la parroquia Chacras. Para el cálculo de la pendiente (%) se consideró la variable "X" como la distancia del pozo hasta la costa (m), y "Y" como la altura sobre el nivel del mar (m).



Para determinar la vulnerabilidad del pozo a la contaminación y el perímetro de protección de pozos se procedió a la recolección de la información respectiva de los parámetros que encierra la metodología DRASTIC utilizada en nuestro trabajo.

Las características geológicas han sido definidas después de un análisis de los mapas de la zona facilitados por el Senagua, mediante los cuales se pudo tomar los valores referentes a la composición litológica del acuífero y de la zona no saturada, así como las profundidades y niveles del agua. Además se complementa esta información con datos de perforaciones y sondeos, aportados por el GADPEO.

Los valores de la recargas fueron obtenidos de los datos de estaciones meteorológicas cercanas a la parroquia Chacras y del informe del Organismo Internacional de Energía Atómica en el año 2006. La conductividad hidráulica se la tomo de los sondeos efectuados en el área de estudio por parte del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Los valores de dotaciones para el cálculo del volumen del tanque elevado fueron tomados de las tablas de la norma INEN para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

## **CAPITULO III**

### **3. DISEÑO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN**

#### **3.1. CONCEPCIÓN DE LA ALTERNATIVA**

Para poder llevar a cabo nuestro trabajo el cual consiste en analizar la afectación de las lagunas de aguas servidas en la calidad del agua cruda de la parroquia Chacras se llevó a cabo el siguientes orden investigativo hasta determinar las causas que deterioran la calidad del servicio y proponer posibles soluciones que mejoren la calidad del agua.

Comparación de los parámetros relacionados con la calidad del agua anteriormente y en la actualidad en la parroquia Chacras.

Consultar en las normas INEN lo relacionado con captaciones de agua subterránea y cuáles son las medidas de protección que se deben cumplir para asegurar la calidad de este servicio.

Realizar un control de los otros pozos existentes en la parroquia para analizar si estos cumplen o se encuentran en mismas circunstancias que nuestro pozo de estudio.

Identificación de los niveles freáticos, tipo de suelo, topografía, conductividad, transmisibilidad, precipitaciones principalmente en la zona correspondiente al pozo en estudio.

Determinar con lo investigado en las normas ecuatorianas, en artículos científicos un método que nos ayude a analizar las probabilidades de que exista una contaminación microbiológica debido a las aguas servidas y de estar probable a esto establecer un perímetro seguro para las captaciones de aguas subterráneas.

Por último también mejorar las condiciones actuales del servicio planteando poner en re-funcionamiento el tanque elevado y añadir a este un sistema de cloración que asegure la potabilidad del agua en esta parroquia.

### 3.2. MEMORIA TÉCNICA

Resumen de todos los datos, cálculos e información durante el desarrollo del tema “Afectación de las lagunas de aguas servidas en la calidad del agua del pozo de agua potable para la parroquia Chacras, cantón Arenillas”.

#### 3.2.1. Análisis físicos-químicos y bacteriológicos de los pozos ubicados en la parroquia Chacras.

Análisis físicos-químicos del pozo de agua cruda de la parroquia Chacras en el año 2011

Parámetros	Units	Norma INEN 1108	Pozo IEOS-5
PH	(OH)	6.5-8.5	7.99
Temperatura	°C	-	25.1
Conductividad	Us/cm	-	357
Turbiedad	NTU	5	0.7
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	110
Solidos totales	mg/L	1000	172
Color aparente	Pt-Co	15	6
Cloro residual	mg/L	0.3-1.5	0
Cloruros	mg/L	250	169.9
Hierro total	mg/L	0.3	0.01
Manganeso	mg/L	0.4	0.028
Nitratos	mg/L	50	0.3
Nitritos	mg/L	3.0	0.007
Sulfato	mg/L	200	77
Cobre	mg/L	2.0	0
Cianuros	mg/L	0.07	0.005
Calcio	mg/L	-	24
Magnesio	mg/L	-	12.1
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	151
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	0.03
Salinidad	mg/L	-	0.1

**Observaciones:** Todos los parámetros están dentro de lo permitido en la Norma INEN 1108 en el pozo IEOS-5.

Análisis microbiológicos del pozo de agua cruda de la parroquia Chacras en el año 2011.

Parámetros	Units	Norma INEN 1108	Pozo IEOS-5
Bacterias aerobias totales	ufc/100ml	30	Incontable
Coliformes totales	ufc/100ml	Ausencia	Incontable
Coliformes fecales	ufc/100ml	Ausencia	Incontable

**Observaciones:** Todos los parámetros se encuentran fuera del rango permitido en la Norma INEN 1108 en el pozo IEOS-5.

Análisis físicos-químicos de los pozos de agua cruda de la parroquia Chacras en el año 2015

Parámetros	Units	Norma INEN 1108	Pozo IEOS-5	Pozo Nuevo	Pozo de riego
PH	(OH)	6.5-8.5	7.9	7.71	6.96
Temperatura	°C	-	22	26.9	26.6
Conductividad	Us/cm	-	465	555	461
Turbiedad	NTU	5	0.5	0.2	4.4
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	76	88	340
Sólidos totales	mg/L	1000	224	267	222
Color aparente	Pt-Co	15	3	3	3
Cloro residual	mg/L	0.3-1.5	0	0	0
Cloruros	mg/L	250	36.8	36.8	36.8
Hierro total	mg/L	0.3	-	-	-
Manganeso	mg/L	0.4	0.5	0.5	0.5
Nitratos	mg/L	50	0.8	0.8	0.8
Nitritos	mg/L	3.0	6	10	8
Sulfato	mg/L	200	74	75	110
Cobre	mg/L	2.0	0.09	0.02	0.09
Cianuros	mg/L	0.07	0.001	0.001	0.002
Calcio	mg/L	-	17.6	22.4	65.6
Magnesio	mg/L	-	7.8	74.3	300
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	135	74	74
Cromo hexavalente	mg/L	0.05	0.012	0.012	0.012
Salinidad	mg/L	-	0.2	0.3	0.3

**Observaciones:** Los parámetros de manganeso y nitritos están fuera de los permitidos en la Norma INEN 1108 en todos los pozos analizados.

Análisis microbiológicos de los pozos de agua cruda de la parroquia Chacras en el año 2015

Parámetros	Units	Norma INEN 1108	Pozo IEOS-5	Pozo Nuevo	Pozo de riego
Bacterias aerobias totales	ufc/100ml	30	Incontable	Incontable	Incontable
Coliformes totales	ufc/100ml	Ausencia	Incontable	Incontable	Incontable
Coliformes fecales	ufc/100ml	ausencia	Incontable	Incontable	Incontable



**Observaciones:** Todos los parámetros se encuentran fuera del rango permitido en la Norma INEN 1108 en todos los pozos analizados.

### 3.2.2. Características del acuífero que se abastece de agua la parroquia Chacras


La parroquia Chacras se abastece del acuífero internacional Zarumilla el cual funciona como un acuífero libre en su parte superior formada por los depósitos Q1 y Q2, mientras que en lo más profundo ya en la formación denominada Neógeno o formación Puna actúa como un acuífero confinado.

#### 3.2.2.1. Hidrogeología

Depósitos del cuaternario

- Depósitos del río: Q1 
- Sedimentos marinos: Q2 


Depósitos del Terciario

- Neógeno: Ng 

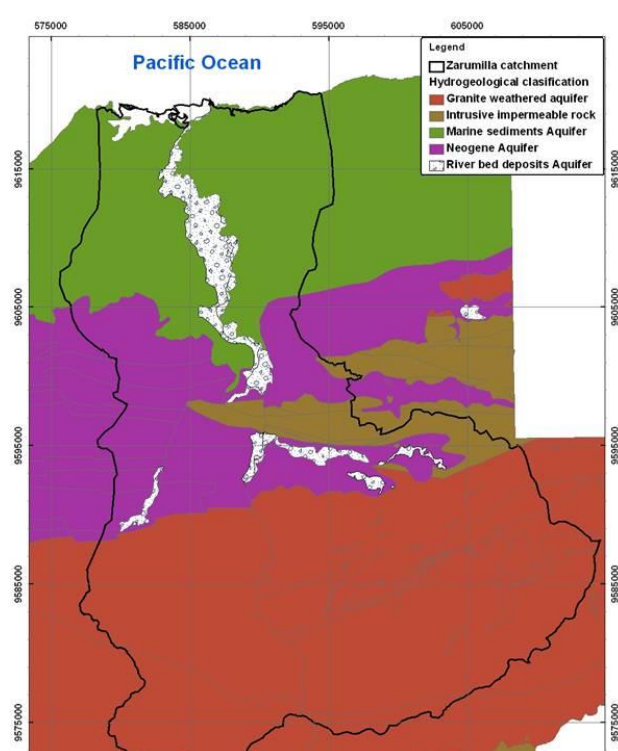
Rocas intrusivas

- Anfibolitas 

Paleozoico Superior

- Granito 

**Gráfico 13.** Hidrogeología del acuífero Zarumilla



Fuente: OIEA 2006

#### 3.2.2.2. Procesos Hidroquímicos

En el depósito (Ng)

F-NaHCO<sub>3</sub>

Fuente de Na<sup>+</sup>: Fuerte influencia de la Precipitación que tiene orígenes en la evaporación de las aguas oceánicas.

Fuente de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Descomposición de materia orgánica y carbonatos presentes en el suelo.

F-Mg: Proviene de la erosión y desgaste de la formación de anfibolitas en la zona de intrusión

En el depósito (Q2)

F-NaCl y B NaCl

NaCl es propio de esta formación pues proviene de sedimentos marinos en proceso de lavado.

La diferencia de salinidad en esta formación se debe únicamente al grado de lavado, el mismo que está en función de la profundidad.

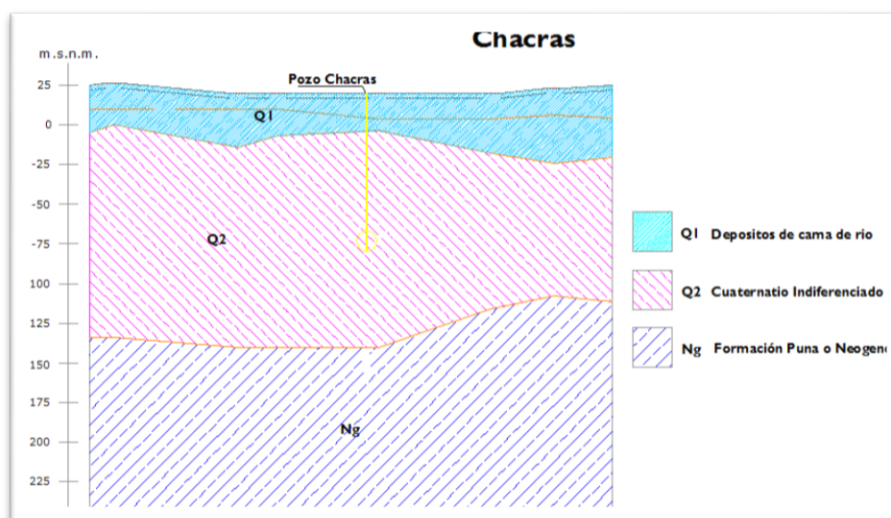
En el depósito (Q1)

El tipo de agua de esta formación es el producto de toda la actividad que ocurre en la cuenca alta y media, pues el esquema de recarga para Q1 es por infiltración directa desde el río.

### 3.2.2.3. Corte geológico en el area de estudio

Esta información fue tomada de los estudios que realizó el INERHI en la parroquia Chacras en el cual determinaron las perspectivas hidrogeológicas de las diferentes formaciones geológicas junto con el alcance de la influencia salina.

**Gráfico 14.** Corte geológico



Fuente: OIEA 2006

### Los depósitos de cama de río (Q1)

Se encuentran en un acuífero libre el cual está localizado en los ambientes del Río de con profundidades no superior que 15 metros. Por consiguiente los materiales son principalmente media arena gruesa, arena y arcilla. La recarga es directamente del escurrimiento como el goteo y la infiltración directa de la precipitación.

Las propiedades hidráulicas de esta formación:

La transmisibilidad varía de 100 a 500 m<sup>2</sup>/día;

La capacidad específica de 2 a 8 l/s/m;

El extracto tasa de 5 a 20 l/s;

El acuífero está directamente unido con el río que es una de sus fuente de recarga.

### Los depósitos marinos (Q2)

Esta localizado en un acuífero libre por debajo de Q1, las profundidades de esta formación no son más profundas que 40 metros en el medio más bajo y cerca de 150 metros en las partes más cercanas al Océano pacífico y está principalmente compuesto de fragmentos de piedra, arena gruesa, arenas y arcillas de tamaño diferente con la permeabilidad primaria muy buena. El tipo de agua está fresco a salobre y se vuelve el agua salina en las proximidades a la línea costera.

### El acuífero confinado (Ng)

Localizado por debajo de Q2, se originó durante el tiempo geológico denominado Neógeno, (entre 3.4 a 23.3 millones de años). Debido a la evolución geológica este acuífero es considerado como un acuífero confinado, su transmisibilidad varía de 100 a a 500 m<sup>2</sup>/día, tiene una producción de 50 l/s y el rendimiento específico de 5 l/s/m. Este acuífero tiene la calidad de agua muy buena y puede ser considerado como una fuente segura de agua para las demandas de agua de futuro.

**Tabla 3.** Propiedades hidráulicas del acuífero Zarumilla

Formación	Elevaciones	Transmisibilidad (m <sup>2</sup> /d)	Conductividad (m/d)
Ng	29.5	25.89	0.2
Ng	28.9	100	0.4
Ng	26.1	97.5	0.6
Ng	21.6	269	0.9
Ng	11.1	518.4	1.1
Ng	12.2	531	1.4
Ng	30.8	297	1.6
Ng	20.7	604.79	1.9
Ng	17.3	839.4	2.5
Ng	13.8	950.4	2.5
Q1	15	517	8.6
Q1	11.9	1383.5	19.8
Q1	14.7	737.9	26.2
Q2	28.4	75.69	1.5
Q2	16.2	131.3	2.2
Q2	23.8	102.59	2.2
Q2	23.8	395.29	4.0
Q2	19.2	209.1	4.2
Q2	22.2	284.6	4.7

**Tabla 4.** Rangos de Conductibilidad de las formaciones localizadas en el área de estudio

El KH min m/d		Formación		KH max m/d
8.6	<	Q1	<	26.2
1.5	<	Q2	<	4.7
0.2	<	Ng	<	25

**Tabla 5.** Volúmenes del extracto y promedio que bombean las proporciones en el acuífero de Zarumilla.

Formación	Profundidad del extracto (m)		Producción (l/s)		Volumen anual del extracto (m <sup>3</sup> )
	De	A	De	A	
Ng	150	180	12	50	5'000.000
Q1	10	15	5	20	30'300.000
Q2	30	130	10	15	7'100.000

**Tabla 6.** Información de los pozos en la parroquia Chacras

Pozo IEOS-5	Pozo nuevo	Pozo de riego
Año de construcción 1987	Año de construcción 2006	Año de construcción 2012
Caudal 11 lt/seg	Caudal 6 lt/seg	Caudal 25 lt/seg
Diámetro 6 pulg	Diámetro 4 pulg	Diámetro 12 pulg
Profundidad del pozo 97 m	Profundidad del pozo 129 m	Profundidad del pozo 120 m
Profundidad de la bomba 70 m	Profundidad de la bomba 95 m	Profundidad de la bomba 100 m
Potencia de la bomba 20 Hp	Potencia de la bomba 10 Hp	Potencia de la bomba 50 Hp

### 3.2.3. Determinación del perímetro de protección del pozo de Chacras

En la definición del perímetro de protección se delimitan tres zonas en torno a las captaciones, denominadas:

- Zona I, Inmediata o de Restricciones Absolutas (Tiempo de tránsito de 1 día)
- Zona II, Próxima o de Restricciones Máximas (Tiempo de tránsito de 60 días)
- Zona III, Alejada o de Restricciones Moderadas (Tiempo de tránsito de 4 años)

Para proceder a calcular el perímetro necesitamos de las siguientes variables las cuales se obtuvieron de datos facilitados por varias instituciones concedoras de esta información.



Q= caudal de bombeo  
 K = conductividad hidráulica  
 b= el espesor del acuífero  
 i= el gradiente hidráulico natural,  
 Ve= la velocidad real del flujo sin influencia del bombeo  
 me= Porosidad eficaz  
 t= el tiempo de tránsito que varía dependiendo de la zona de protección

### 3.2.3.1. Cálculo de los parámetros para la definición del perímetro de protección

Datos

$$Q = 11 \text{ lt/seg} = 950.4 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$K = 4.7 \text{ m/día}$$

$$b = 82 \text{ m}$$

$$i = 0.02$$

$$me = 0.01$$

El radio de llamada será;

$$X_o = \frac{Q}{2\pi K * b * i}$$

$$X_o = \frac{950.4 \text{ m}^3/\text{día}}{2\pi * 4.7 \text{ m/día} * 82 \text{ m} * 0.02}$$

$$X_o = 19.6 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$$

La velocidad eficaz

$$Ve = \frac{k * i}{me}$$

$$Ve = \frac{\frac{4.7 \text{ m}}{\text{día}} * 0.02}{0.01}$$

$$Ve = 9.4 \text{ m/día}$$

El ancho del frente de llamada

$$B = \frac{Q}{K * b * i}$$

$$B = \frac{950.4 \text{ m}^3/\text{día}}{4.7 \text{ m/día} * 82 \text{ m} * 0.02}$$

$$B = 123.3 \text{ m}$$

El ancho del frente de llamada a la altura de la captación

$$B' = \frac{B}{2}$$

$$B' = \frac{123.3}{2}$$

$$B' = 61.25 \text{ m}$$

Tiempos de tránsito para las diferentes tipos de zonas

### Zona de restricción absoluta

t = 1 día

$$S_o = \frac{+9.4m/día * 1 día + \sqrt{(9.4m/día * 1 día)^2 + 8 * 9.4m/día * 1 día * 19.6m}}{2}$$

$$S_o = 24.46 \text{ m}$$

$$S_u = \frac{-9.4m/día * 1 día + \sqrt{(9.4m/día * 1 día)^2 + 8 * 9.4m/día * 1 día * 19.6m}}{2}$$

$$S_u = 15.06 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$$

### Zona de restricción máxima

t = 60 día

$$S_o = \frac{+9.4m/día * 60 días + \sqrt{(9.4m/día * 60 días)^2 + 8 * 9.4m/día * 60 días * 19.6m}}{2}$$

$$S_o = 600.8 \text{ m}$$

$$S_u = \frac{-9.4m/día * 60 días + \sqrt{(9.4m/día * 60 días)^2 + 8 * 9.4m/día * 60 días * 19.6m}}{2}$$

$$S_u = 36.8 \text{ m} \approx 40 \text{ m}$$

### Zona de restricción moderada

t = 1 año = 365 días

$$S_o = \frac{+9.4m/día * 365 días + \sqrt{(9.4m/día * 365 días)^2 + 8 * 9.4m/día * 365 días * 19.6m}}{2}$$

$$S_o = 3469.7 \text{ m}$$

$$S_u = \frac{-9.4m/día * 365 días + \sqrt{(9.4m/día * 365 días)^2 + 8 * 9.4m/día * 365 días * 19.6m}}{2}$$

$$S_u = 38.7 \text{ m} \approx 40 \text{ m}$$

#### 3.2.4. Determinación de la vulnerabilidad del pozo IEOS-5

El valor de la vulnerabilidad de nuestro pozo lo determinaremos mediante la metodología DRASTIC la cual fue la más apropiada según lo investigado en los artículos científicos para nuestro problema.

Fórmula para determinar la vulnerabilidad:

$$5Dr+4Rr+3Ar+2Sr+Tr+5Ir+3Cr = \text{Contaminación potencial}$$

Parámetros a estudiar

D = Profundidad del nivel del agua.

R = Recarga neta.

A = Formación geológica que constituye el acuífero.

S = Cubierta edáfica bajo la superficie del terreno.

T = Naturaleza de la zona no saturada.

I = Pendiente del terreno.

C = Conductividad hidráulica del acuífero.

### Calculo del parámetro D

Profundidad (m)	Valor Dr
0-1,5	10
1,5 - 4,6	9
4,6 - 9,1	7
9,1 - 15,2	5
15,2 - 22,9	3
22,9 - 30,5	2
> 30,5	1

Profundidad a la que se encuentra el nivel de agua=17m  
Según la tabla nuestro valor Dr = 3

### Calculo del Parámetro R

Recarga (mm)	Valor Rr
0-50	1
50-103	3
103-178	6
178-254	8
> 254	9

Recarga en nuestra área de estudio=160mm  
Según la tabla nuestro valor Rr = 6

### Calculo del parámetro A

Formación geológica que constituye el acuífero.	Valor Ar
Lutita masiva	2
Metamórfica/Ígnea	3
Metamórfica/Ígnea Meteorizada	4
Till glacial	5
Secuencias de arenisca, caliza y lutitas	6
Arenisca masiva	6
Caliza masiva	6
Arena o grava	8
Basaltos	9
Caliza kárstica	10

Nuestro pozo se abastece del acuífero Zarumilla de la formación Q2 el cual se constituye geológicamente por piedras metamórficas.  
Según la tabla nuestro valor es Ar = 3

### Calculo del parámetro S

Cubierta edáfica bajo la superficie del terreno	Valor Sr
Delgado o ausente	10
Grava	10

Arena	9
Agregado arcilloso o compactado	7
Arenisca margosa	6
Marga	5
Limo margoso	4
Arcilla margosa	3
Estiércol-cieno	2
Arcilla no compactada y no agregada	1

El tipo de suelo bajo la superficie del terreno es agregado arcilloso o compactado. Según la tabla nuestro valor es  $S_r = 7$

### Calculo del parámetro T

Pendiente del terreno %	Valor Tr
0-2	10
2-6	9
6-12	5
12-18	3
> 18	1

La pendiente de nuestra área de trabajo es 0.02. Según la tabla nuestro valor  $T_r = 10$

### Calculo del parámetro I

Tipo de material geológico de la zona no saturada	Valor I <sub>r</sub>
Capa confinante	1
Cieno-arcilla	3
Lutita	3
Caliza	6
Arenisca	6
Secuencias de arenisca, caliza y lutita	6
Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativo	6
Metamórfico/Ignea	4
Grava y arena	8
Basalto	9
Caliza kárstica	10

El material geológico de la zona no saturada del pozo IEOS-5 es arcilla, limos con arena gruesa. Según la tabla nuestro valor  $I_r = 6$

## Calculo del parámetro C

Conductividad Hidráulica del acuífero	Valor Cr
0.04 - 4.08	1
4.08 – 12.22	2
12.22 – 28.55	3
28.55 – 40.75	6
40.75 – 81.49	8
> 81,49	10

La conductividad hidráulica en la parroquia chacras es de 4,7 m/día  
Según la tabla nuestro valor Cr = 2

Reemplazamos todos los valores calculados en la ecuación de la formula DRASTIC

$5Dr + 4Rr + 3Ar + 2Sr + 1Tr + 5Ir + 3Cr = \text{Contaminación potencial}$

$5(3) + 4(6) + 3(3) + 2(7) + (10) + 5(6) + 3(2) = 108$

Según la tabla siguiente definimos el grado de vulnerabilidad

Grado de Vulnerabilidad	Valor DRASTIC
Muy Bajo	23-64
Bajo	64-105
Moderado	105-146
Alto	146-187
Muy Alto	187-230

Nuestro valor DRASTIC es de 108 lo cual nos da como resultado un grado de vulnerabilidad moderado.

### 3.2.5. Mejoramiento del tanque elevado

Para calcular el volumen del tanque elevado recurrimos a lo establecido en las Normas INEN para determinar la dotación básica según la siguiente tabla de las normas para poblaciones mayores de 1000 habitantes.

**Tabla 7.** Dotaciones Recomendadas

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

**Dotación Básica = 170 lt/hab./día**

Esta dotación nos servirá para determinar el consumo medio diario que es el consumo promedio durante 24 horas durante un año expresado en litros por segundo, el cual lo obtendremos multiplicando la dotación por la población.

$$\text{cmd} = \text{DBx P} / 86400$$

$$\text{cmd} = 170 \times 1685 / 86400$$

**Consumo medio diario = 3.32 lt/s**

Con el consumo medio diario obtenido calculamos el consumo máximo diario, expresado en litros por segundo. El consumo máximo diario se obtiene multiplicando el consumo medio diario por un coeficiente de mayorización, en nuestro caso tiene un valor de 1.25 para todos los niveles de servicio.

$$\text{CMD} = \text{cmd} \times 1.25$$

$$\text{CMD} = 3.32 \times 1.25$$

**Consumo máximo diario = 4.15 lt/s**

Ahora calculamos el consumo máximo horario el cual esta expresado en litros por segundo. El cual se determina multiplicando el consumo máximo diario por un factor de mayorización máximo horario, cuyo valor es de 3 para todos los niveles de servicio.

$$\text{CMH} = \text{CMD} \times 3$$

$$\text{CMH} = 4.15 \times 3$$

**Consumo máximo horario = 12.45 lt/s**

**Determinación del caudal de diseño**

$$Q_{\text{diseño}} = \text{CMH} + (5\% \text{CMD})$$

$$Q_{\text{diseño}} = 12.45 + (0.05 \times 4.15)$$

$$Q_{\text{diseño}} = 12.66 \text{ lt/s}$$

Y por último con todos estos valores determinamos el volumen de almacenamiento de nuestro tanque elevado, el cual cubrirá las variaciones horarias en los días de máximo consumo, lo diseñaremos con un valor del 30% del consumo medio diario.

Para cubrir las variaciones horarias en el día de máximo consumo, se recomienda para este tipo de localidades diseñar una reserva cuyo volumen sea el equivalente a un valor del 30% del consumo medio diario (cmd).

De acuerdo a esto, el volumen de almacenamiento para esta localidad será:

$$\text{Vol. Reserva} = 3.32 \text{ lt/sg} \times 86400 \text{ sg} \times 0.3$$

$$\text{Vol. Reserva} = 86054 \text{ lt} = 86.05 \text{ m}^3$$

Para el presente caso, se construirá una reserva tipo de 100m<sup>3</sup> a una altura de 20 m.

**Volumen de Almacenamiento = 100m<sup>3</sup>**

### **3.2.6. Sistema de tratamiento para potabilización del agua cruda**

#### **3.2.6.1. Desinfección**

Para nuestro trabajo el agua impulsada deberá ser sometida a un proceso de desinfección, el cual se lo realizara mediante cloración, utilizando hipoclorito de calcio.

La dosificación se la indica a continuación, resaltando que en los tramos más alejados de la red la concentración sea mínimo 0.3 mg/lit de cloro cumpliendo así lo establecido en la norma INEN 1108.

### 3.2.6.2. Cálculo de la dosificación del cloro

El Hipoclorito de Calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  contiene 70% de cloro activo. Con este porcentaje perecen las bacterias patógenas y luego los coliformes; y, dada la constitución de estos micro organismos, las dosis de aplicación van desde 0,3 a 1mg/lit. En nuestro caso, en vista de que el agua proviene de una fuente subterránea, la dosificación normada es de 1mg/lit.

Caudal de diseño=12.66lt/s

$$Q=12.66\text{lt/s} \times 86400\text{s/día} = 1093824 \text{ lt/día}$$

Cantidad necesaria de hipoclorito al día:

$$1\text{mg/lit} \times \frac{1\text{gr}}{1000\text{mg}} \times \frac{1\text{kg}}{1000\text{gr}} = 1 \times 10^{-6} \text{ Kg/lit}$$

$$1 \times 10^{-6} \text{ Kg/lit} \times 1093824 \text{ lt/día} = 1.09 \text{ kg/día}$$

$$1.09 \text{ kg / día} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} = 1093.82 \text{ gr/día}$$

Concentración de cloro 70% de cloro activo

$$\frac{1093.82}{0.7} \times \frac{\text{gr}}{\text{día}} = 1562.6 \text{ gr / día} = 1.56 \text{ kg/ día}$$

Se disolverán en el tanque hipoclorador de 250 litros diariamente 1.56Kg/día de hipoclorito de calcio al 70%. Como el tanque de hipoclorito contiene 50Kg = 50000gr, entonces el producto tendrá uso para un tiempo de  $50000\text{gr}/(1562.60\text{gr./día}) = 32$  días.

El tarro de hipoclorito deberá restituirse cada seis meses aproximadamente antes de su vaciado total.

## 3.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 3.3.1. Control de calidad al agua de pozo de la parroquia Chacras del cantón Arenillas

Los resultados de los análisis de calidad del agua subterránea provenientes del pozo IEOS-5 reflejaron los siguientes parámetros fuera de lo permitido en la norma INEN 1108, como manganeso, nitritos, coliformes fecales, totales y bacterias aerobias totales. Del mismo modo los pozos cercanos a este también fueron objeto de estudio comprobando el mismo problema que ocurre en el pozo que abastece de agua a la parroquia Chacras.

### 3.3.2. Aplicación de la metodología DRASTIC para la determinación de la vulnerabilidad del agua de pozo a la afectación por aguas servidas

La evaluación de la vulnerabilidad del pozo IEOS a la afectación por las aguas servidas mediante el método DRASTIC nos ha permitido conocer que tiene un índice de 108 correspondiente a una vulnerabilidad media a la contaminación por las actividades antrópicas en la superficie.

Los factores que afectan principalmente el aumento de la vulnerabilidad y que hay que considerar son:

Las precipitaciones que aumentan durante los meses de Enero a Mayo, provocando que suba el nivel freático el cual aumenta el nivel de vulnerabilidad.

### **3.3.3. Calculo del perímetro de protección del pozo IEOS-5**

Las tres zonas que se delimitaron en torno a la captación subterránea, según los cálculos realizados en nuestra investigación determinaron los siguientes valores.

La zona I conocida como de Restricciones Absolutas según los resultados obtenidos para un tiempo de tránsito de 1 día define un área de protección cuyo radio es de 20m en torno a la captación.

La zona II conocida como de Restricciones máximas según los resultados obtenidos para un tiempo de tránsito de 60 días define un área de protección cuyo radio es de 40m en torno a la captación.

La zona III conocida como de Restricciones moderadas según los resultados obtenidos para un tiempo de tránsito de 4 años define un área de protección cuyo radio es de 40m en torno a la captación.

Según los resultados el deposito receptor de aguas servidas ubicado a 25 m de la captación estaría dentro del perímetro de protección, por tal razón este debe ser reubicado junto con cualquier actividad cercana al pozo que atente contra la calidad del agua en la parroquia Chacras.

### **3.3.4. Mejoramiento del tanque elevado**

Según los cálculos el volumen del tanque elevado será de  $100\text{m}^3$  el cual se lo determina con el consumo medio diario que es de 3.32 lts/seg para la parroquia Chacras que tiene una dotación básica de 170 lt/hab/día para poblaciones mayores a 1000 habitantes según la norma INEN 1108.

### **3.3.5. Desinfección del agua cruda**

Se disolverán en el tanque hipoclorador de 250 litros diariamente 1.56Kg/día de hipoclorito de calcio al 70%. Como el tanque de hipoclorito contiene  $50\text{Kg} = 50000\text{gr}$ , entonces el producto tendrá uso para un tiempo de  $50000\text{gr}/(1562.60\text{gr./día}) = 32$  días.

El tarro de hipoclorito deberá restituirse cada seis meses aproximadamente antes de su vaciado total.



### 3.4. PRESUPUESTO

El presupuesto de nuestro proyecto se elaboró en base a las medidas empleadas para solucionar el problema con las aguas servidas cercanas al pozo IEOS-5 y a la constante falta de agua que hay en la parroquia debido a que su tanque de almacenamiento esta inservible por varios años, la construcción de estos sistemas se han hecho basándose en los actuales precios que se encuentran en el mercado.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
<b>Reubicacion del deposito de aguas servidas</b>					
1	DESBROCE DE LA MALEZA CON MAQUINA	m2	120	1,97	236,53
2	RETIRO DE LAS AGUAS SERVIDAS	Global	1	143,56	143,56
3	TRASLADO DE LAS AGUAS SERVIDAS A LAS LAGUNAS DE OXIDACION	Global	1	33,33	33,33
4	DESALOJO DEL SUELO CON MAQUINARIA	m3	120	9,32	1.118,14
5	RELLENO DEL DEPOSITO VIEJO CON MATERIAL DE CANTERA	m3	120	8,73	1.047,18
<b>Tanque elevado</b>					
6	TANQUE ELEVADO METÁLICO DE CAPACIDAD 100m3	global	1	4271,6	4.271,60
7	SOPORTE DE TANQUE ELEVADO (Estructura Metálica)	global	1	5491,11	5.491,11
8	HORMIGON SIMPLE f'c=210 kg/cm2	m3	13	121,029	1.573,38
9	ESCALERA Y PASAMANOS	global	1	1220,79	1.220,79
10	ACCESORIOS DE ENTRADA AL TANQUE ELEVADO	global	1	234,797	234,80
11	ACCESORIOS DE SALIDA DEL TANQUE ELEVADO	global	1	620,07	620,07
12	ACCESORIOS DE DESBORDE DE TANQUE ELEVADO	global	1	385,83	385,83
<b>Planta de Tratamiento</b>					
13	TANQUE HIPOCLORADOR DE 250lt POLIETILENO	unidad	1	111,21	111,21
14	ACCESORIOS DE TANQUE HIPOCLORADOR	global	1	142,55	142,55
15	HIPOCLORITO DE CALCIO	kg	5	31,91	159,53
TOTAL					16.789,61

#### 3.4.1. Análisis de precios unitarios

El análisis de Precios Unitarios nos proporciona el costo por unidad que tiene cada rubro, por lo tanto es necesario analizar concienzudamente, cada uno de los elementos que se necesitan para elaborar dicho rubro, así tenemos Equipo, mano de obra, materiales, rendimientos, etc.

Los análisis de precio unitario se muestran en el anexo IV.

### 3.5. PROGRAMACIÓN DE OBRAS

A continuación se detalla el avance de las obras de mejoramiento del tanque elevado, la implementación del sistema de desinfección del agua cruda y la obra de desalojo del depósito receptor de aguas servidas.

### 3.5.1. Duración de rubros

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Rend. (h/u)	# Grupos	Duración (h)	Duración (d)
<b>Reubicación del depósito de aguas servidas</b>							
1	DESBROCE DE LA MALEZA CON MAQUINA	m2	120	25	1,00	4,80	2,00
2	RETIRO DE LAS AGUAS SERVIDAS	Global	1	1,00	1,00	1,00	2,00
3	TRASLADO DE LAS AGUAS SERVIDAS A LAS LAGUNAS DE OXIDACION	Global	1	1,25	1,00	0,80	2,00
4	DESALOJO DEL SUELO CON MAQUINARIA	m3	120	8,77	1,00	13,70	2,00
5	RELLENO DEL DEPOSITO VIEJO CON MATERIAL DE CANTERA	m3	120	9,09	1,00	13,20	2,00
<b>Tanque elevado</b>							
6	TANQUE ELEVADO METÁLICO DE CAPACIDAD 100m3	global	1	0,08	1,00	12,50	2,00
7	SOPORTE DE TANQUE ELEVADO (Estructura Metálica)	global	1	0,06	1,00	16,70	3,00
8	HORMIGON SIMPLE $f'c=210$ kg/cm2	m3	13	0,8	1,00	16,30	3,00
9	ESCALERA Y PASAMANOS	global	1	0,04	1,00	25,00	4,00
10	ACCESORIOS DE ENTRADA AL TANQUE ELEVADO	global	1	1	1,00	1,00	2,00
11	ACCESORIOS DE SALIDA DEL TANQUE ELEVADO	global	1	1,00	1,00	1,00	2,00
12	ACCESORIOS DE DESBORDE DE TANQUE ELEVADO	global	1	1,00	1,00	1,00	2,00
<b>Planta de Tratamiento</b>							
13	TANQUE HIPOCLORADOR DE 250lt POLIETILENO	global	1	0,77	1,00	1,30	2,00
14	ACCESORIOS DE TANQUE HIPOCLORADOR	global	1	0,77	1,00	1,30	2,00
15	HIPOCLORITO DE CALCIO	kg	5	0,77	1,00	6,50	2,00
Horas laborales en día calendario							6,5

### 3.5.2. Tabla IMP-TMP

ITEM	DESCRIPCION	ORDEN	PREDECESORA	DURACION	IMP	TMP	COMIENZO
1	DESBROCE DE LA MALEZA CON MAQUINA	1		2	0	2	2-10-15 7:00
2	RETIRO DE LAS AGUAS SERVIDAS	2	1	2	2	4	4-10-15 7:00
3	TRASLADO DE LAS AGUAS SERVIDAS A LAS LAGUNAS DE OXIDACION	3	2CC+50%	2	3	5	5-10-15 7:00
4	DESALOJO DEL SUELO CON MAQUINARIA	4	3	2	5	7	7-10-15 7:00
5	RELLENO DEL DEPOSITO VIEJO CON MATERIAL DE CANTERA	5	4CC+50%	2	6	8	8-10-15 7:00
6	TANQUE ELEVADO METÁLICO DE CAPACIDAD 100m3	6	9	2	15	17	17-10-15 7:00
7	SOPORTE DE TANQUE ELEVADO (Estructura Metálica)	7	8CC+25%	3	8	11	10-10-15 7:00
8	HORMIGON SIMPLE $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	8	5	3	8	11	10-10-15 7:00
9	ESCALERA Y PASAMANOS	9	7	4	11	15	13-10-15 7:00
10	ACCESORIOS DE ENTRADA AL TANQUE ELEVADO	10	6	2	17	19	19-10-15 7:00
11	ACCESORIOS DE SALIDA DEL TANQUE ELEVADO	11	10	2	19	21	21-10-15 7:00
12	ACCESORIOS DE DESBORDE DE TANQUE ELEVADO	12	11	2	21	23	23-10-15 7:00
13	TANQUE HIPOCLORADOR DE 250lt POLIETILENO	13	12	2	23	25	25-10-15 7:00
14	ACCESORIOS DE TANQUE HIPOCLORADOR	14	13	2	25	27	27-10-15 7:00
15	HIPOCLORITO DE CALCIO	15	14	2	27	29	29-10-15 7:00

### 3.5.3. Barras IMT-TMT

ITEM	DESCRIPCION	DURACION	DURACIÓN EN DÍAS		
			10	10	10
1	DESBROCE DE LA MALEZA CON MAQUINA	2,00	0	2	
2	RETIRO DE LAS AGUAS SERVIDAS	2,00	2	4	
3	TRASLADO DE LAS AGUAS SERVIDAS A LAS LAGUNAS DE OXIDACION	2,00	3	5	
4	DESALOJO DEL SUELO CON MAQUINARIA	2,00	5	7	
5	RELLENO DEL DEPOSITO VIEJO CON MATERIAL DE CANTERA	2,00	6	8	
6	TANQUE ELEVADO METÁLICO DE CAPACIDAD 100m <sup>3</sup>	2,00		15	17
7	SOPORTE DE TANQUE ELEVADO (Estructura Metálica)	3,00		8	11
8	HORMIGON SIMPLE f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	3,00		8	11
9	ESCALERA Y PASAMANOS	4,00		11	15
10	ACCESORIOS DE ENTRADA AL TANQUE ELEVADO	2,00		17	19
11	ACCESORIOS DE SALIDA DEL TANQUE ELEVADO	2,00		19	21
12	ACCESORIOS DE DESBORDE DE TANQUE ELEVADO	2,00		21	23
13	TANQUE HIPOCLORADOR DE 250lt POLIETILENO	2,00		23	25
14	ACCESORIOS DE TANQUE HIPOCLORADOR	2,00		25	27
15	HIPOCLORITO DE CALCIO	2,00		27	29

### 3.5.4. Cronograma valorado

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL	DURACIÓN EN DÍAS			%
						10	10	10	
1	DESBROCE DE LA MALEZA CON MAQUINA	m2	120	1,97107104	236,53	236,53			93,33
2	RETIRO DE LAS AGUAS SERVIDAS	Global	1	143,561792	143,56	143,56			86,67
3	TRASLADO DE LAS AGUAS SERVIDAS A LAS LAGUNAS DE OXIDACION	Global	1	33,3311808	33,33	33,33			80,00
4	DESALOJO DEL SUELO CON MAQUINARIA	m3	120	9,317845404	1118,14	1118,14			73,33
5	RELLENO DEL DEPOSITO VIEJO CON MATERIAL DE CANTERA	m3	120	8,72651116	1047,18	1047,18			66,67
6	TANQUE ELEVADO METÁLICO DE CAPACIDAD 100m3	global	1	4271,601352	4271,60	4271,60			60,00
7	SOPORTE DE TANQUE ELEVADO (Estructura Metálica)	global	1	5491,112779	5491,11	3660,741853	1830,37		53,33
8	HORMIGON SIMPLE f'c=210 kg/cm2	m3	13	121,02888	1573,38	1048,92	524,46		46,67
9	ESCALERA Y PASAMANOS	global	1	1220,785919	1220,79	1220,79			40,00
10	ACCESORIOS DE ENTRADA AL TANQUE ELEVADO	global	1	234,796808	234,80	234,80			33,33
11	ACCESORIOS DE SALIDA DEL TANQUE ELEVADO	global	1	620,072808	620,07	310,04	310,04		26,67
12	ACCESORIOS DE DESBORDE DE TANQUE ELEVADO	global	1	385,832808	385,83		385,83		20,00
13	TANQUE HIPOCLORADOR DE 250lt POLIETILENO	unidad	1	111,205501	111,21		111,21		13,33
14	ACCESORIOS DE TANQUE HIPOCLORADOR	global	1	142,551876	142,55		142,55		6,67
15	HIPOCLORITO DE CALCIO	kg	5	31,905501	159,53		159,53		0
TOTAL					16789,61				
PROGRAMADO					Inversion Parcial	7288,40	8392,05	1109,15	
					Inversion Acumulada	7288,40	15680,45	16789,61	
					%Parcial	43,41	49,98	6,61	
					%Acumulado	43,41	93,39	100,00	

### 3.5.5. Cronograma físico

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL	DURACION	DURACIÓN EN DÍAS			%
						10	10	10	
1	DESBROCE DE LA MALEZA CON MAQUINA	m2	120	236,53	2,00	2			93,33
2	RETIRO DE LAS AGUAS SERVIDAS	Global	1	143,56	2,00	2			86,67
3	TRASLADO DE LAS AGUAS SERVIDAS A LAS LAGUNAS DE OXIDACION	Global	1	33,33	2,00	2			80,00
4	DESALOJO DEL SUELO CON MAQUINARIA	m3	120	1.118,14	2,00	2			73,33
5	RELLENO DEL DEPOSITO VIEJO CON MATERIAL DE CANTERA	m3	120	1.047,18	2,00	2			66,67
6	TANQUE ELEVADO METÁLICO DE CAPACIDAD 100m3	global	1	4.271,60	2,00	2			60,00
7	SOPORTE DE TANQUE ELEVADO (Estructura Metálica)	global	1	5.491,11	3,00	2	1		53,33
8	HORMIGON SIMPLE f'c=210 kg/cm2	m3	13	1.573,38	3,00	2	1		46,67
9	ESCALERA Y PASAMANOS	global	1	1.220,79	4,00	4			40,00
10	ACCESORIOS DE ENTRADA AL TANQUE ELEVADO	global	1	234,80	2,00	2			33,33
11	ACCESORIOS DE SALIDA DEL TANQUE ELEVADO	global	1	620,07	2,00	1		1	26,67
12	ACCESORIOS DE DESBORDE DE TANQUE ELEVADO	global	1	385,83	2,00			2	20,00
13	TANQUE HIPOCLORADOR DE 250lt POLIETILENO	unidad	1	111,21	2,00			2	13,33
14	ACCESORIOS DE TANQUE HIPOCLORADOR	global	1	142,55	2,00			2	6,67
15	HIPOCLORITO DE CALCIO	kg	5	159,53	2,00			2	0
TOTAL					34,00				
PROGRAMADO					Inversion Parcial	14,00	11,00	9	
					Inversion Acumulada	14,00	25,00	34,00	
					%Parcial	41,18	32,35	26,47	
					%Acumulado	41,18	73,53	100,00	

## **3.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **3.6.1. Conclusiones**

Esta conclusión resume el enfoque mediante el cual se abordaron los diferentes problemas que se lograron determinar en el desarrollo del proceso de investigación, entre ellas podemos mencionar a las siguientes:

- Mediante la metodología DRASTIC pudimos determinar que el tramo del acuífero Zarumilla que abastece de agua cruda a la parroquia Chacras tiene un grado de vulnerabilidad a la contaminación en el rango de medio, por lo que es una buena calificación para estar protegido de las actividades probables de contaminación al agua subterránea.
- Según lo determinado en el cálculo del perímetro de protección de pozos las actividades de posible contaminación estarán restringidas en un radio de 40 m, por lo cual los depósitos receptores de aguas servidas deberán ser reubicados en una zona segura para la captación subterránea.
- Según la investigación realizada para determinar las causas del deterioro de la calidad del agua en la parroquia Chacras se pudo concluir que la presencia de nitritos, manganeso fuera de lo permitido en la norma es debido a las formaciones geológicas de las que está compuesto el acuífero Neógeno que es del que se abastece esta parroquia, por otra parte la presencia de coliformes fecales, totales y bacterias aerobias totales en el agua cruda pueden revelar la proliferación y posible formación de biopelículas en las tuberías.
- Durante toda la investigación pudimos darnos cuenta de los numerosos procesos que se llevan a cabo en todo el mundo para contrarrestar los efectos producidos por la contaminación al agua subterránea.

### **3.6.2. Recomendaciones**

Con la finalidad de que los habitantes de la parroquia Chacras del cantón Arenillas de la provincia de El Oro, logren un mejoramiento en la calidad del agua potable, nos permitimos hacer las siguientes recomendaciones.

- Realizar la cartografía completa del acuífero Zarumilla implementando un sistema de información geográfico moderno con el fin de conocer los puntos más vulnerables a la contaminación de este importante acuífero internacional.
- Se recomienda en lo antes posible reubicar el actual depósito de aguas servidas, el cual por muchos años ha llenado de inconformidad a esta parroquia, debido al hecho de que sus aguas empozadas frente a la captación subterránea puedan contaminar el subsuelo y llegar hasta el nivel del agua en la captación.
- Debido a que ciertos parámetros no cumplen con las normas INEN 1108 se recomienda mejorar el tanque elevado de la parroquia para de esta manera implementar un sistema de desinfección que garantice la calidad del agua para consumo humano.
- En lugar de buscar soluciones que disminuyan la presencia de contaminantes en el agua subterránea, lo indicado sería concientizar a la población acerca de la importancia que tiene este recurso que cada día se ve más afectado por las actividades humanas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vergara V, Gutiérrez G, Flóres H. Evaluación de la vulnerabilidad del acuífero Morroa a contaminación por plaguicidas aplicando la metodología DRASTIC. *Ingeniería y Desarrollo*. 2009 Julio-Diciembre; 26: p. 51-64.
2. Reddy A, Saibaba B, Sudarshan G. Hydrogeochemical characterization of contaminated groundwater in Patancheru industrial area, southern India. *Environ Monit Assess*. 2011 Julio; 184: p. 3557-3576.
3. Yongjun J, Yuexia W, Chris G, Daoxian Y, Pat K. Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in the Nandong karst underground river system in Yunan, China. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2009 Agosto; 109(1): p. 49-61.
4. Pizzol L, Zabeo A, Critto A, Giubilato E, Marcomini A. Risk-based prioritization methodology for the classification of groundwater pollution sources. *Science of the Total Environme*. 2014 Noviembre; 506(1): p. 505-517.
5. Lavoie R, Lebel A, Joerin F, Rodriguez M. Integration of groundwater information into decision making for regional planning: A portrait for North America. *Journal of Environmental Management*. 2012 Octubre; 114(1): p. 496-504.
6. Mohammad A. Assessment of intrinsic vulnerability to contamination for Gaza coastal aquifer, Palestine. *Journal of Environmental Management*. 2007 Enero; 88(1): p. 577-593.
7. OIEA. Estudios de Hidrología Isotópica en América Latina 2006. Wagramer Strasse. 2009 Abril; 5: p. 175-194.
8. Reynoso L, Sasal C, Portela S, Andriulo A. Vulnerabilidad del acuífero pampeano a la contaminación en el norte de la provincia de Buenos Aires. Aplicación de la Metodología DRASTIC. *RIA*. 2005 Abril; 34(1): p. 85-99.
9. Daisuke I, Takuji H, Noriko S, Junqin P, Rabin M, Sadhana S, et al. Detección de bacterias patógenas con alto rendimiento de ADN Microarray en pozos poco profundos de aguas subterráneas en el valle de Katmandú, Nepal. *Curr Microbiol*. 2014 Agosto.
10. Pacheco J, Cabrera A, Perez R. Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México. Pacheco et.al. 2004; 8(2): p. 165-179.
11. Leal MT, Gelover S. Evaluación de la calidad del agua subterránea de fuentes de abastecimiento en acuíferos prioritarios de la región Cuencas Centrales del Norte. *Anuario IMTA*. 2002; p. 77-83.
12. Acosta O, E. C. Impactos ambientales de las extracciones de agua subterránea en el Salar del Huasco (norte de Chile). *Boletín Geológico y Minero*. 2008 Agosto; 119(1): p. 33-50.
13. Rapti-Caputo D, Sdao F, Masi S. Pollution risk assessment based on hydrogeological data and management of solid waste landfills. *Engineering*



Geology. 2006 Marzo; 85: p. 122-131.

14. Navarro FA. Tratamiento de aguas subterráneas contaminadas mediante ensayos de laboratorio y experiencias piloto: Aplicación al acuífero de la Cubeta de la Llagosta (Barcelona). Boletín Geológico y Minero. 2008 Agosto; 119(1): p. 125-136.
15. Massone H, Paris M, Xu Y, Nel J. Estrategias de prevención de contaminación del agua subterránea. El uso de perímetros de Protección de pozos en Argentina. Congreso Argentino de Hidrogeología. 2011; VII: p. 73-80.
16. Gárfias J, Expósito J, Llanos H. Delimitación de las zonas de protección mediante métodos analíticos y un modelo numérico de agua subterránea, acuífero Margarita, Cuba. Boletín Geológico y Minero. 2008 Agosto; 119(1): p. 7-20.
17. Daniela Ducci D, Sellerino M. Vulnerability mapping of groundwater contamination based on 3D lithostratigraphical models of porous aquifers. Science of the Total Environment. 2013 Febrero; 447: p. 315-322.
18. Nicoletti F, R. Spandre R. Valoración del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por nitratos mediante el uso de los modelos paramétricos DRASTIC Y SINTACS. Ingeniería del Agua. 1996 Diciembre; 3(4): p. 7-24.
19. Salhi A, Stitou El Messari J, Mahfoud A, Himi M, Casas A, Pulido-Bosch A, et al. Aplicación del método DRASTIC para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Oued Laou (Marruecos). Geogaceta. 2007; 41: p. 191-194.
20. Pérez CR, Pacheco ÁJ. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. Ingeniería. 2004 Abril; 8(1): p. 33-42.
21. Gárfias J, Franco R, Llanos H. Análisis de la vulnerabilidad Intrínseca y su adecuación mediante un modelo de flujo con trazado de partículas para evaluar la vulnerabilidad del acuífero del curso alto del río Lerma, Estado de México. Latino-Americana de Hidrogeología. 2002; I(2): p. 115-126.
22. Vías MJ, Perles RM, Navarro B. Aplicación de un análisis cluster para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos. Internacional de ciencia y tecnología de la información geográfica. 2003 Octubre; 1(3): p. 199-215.
23. Montaña J, Gagliardi S, Vidal H, Montaña M, Leandson RFdL. Evaluación de la Vulnerabilidad a la Contaminación del acuífero Mercedes en el área Metropolitana de la ciudad de Paysandú-Comparación de los métodos GOD y DRASTIC. Latino-Americana de Hidrogeología. 2004; I(4): p. 35-45.
24. Estrada GF, Silva GJT, Ochoa ES, Moncayo ER, Cruz-Cárdenas G, Villalpando BF, et al. Aplicación del método SINTACS para la determinación de la vulnerabilidad acuífera en la cuenca del río Duero, Michoacán, México. Internacional de Contaminación. 2013 Julio; 29(4): p. 235-248.
25. Romero E, Díaz E, Boschetti NG, Duarte O. Aplicación de un sig para estimar la vulnerabilidad del agua subterránea a los pesticidas en la cuenca del arroyo Feliciano. Entre ríos. Argentina. Científica Agropecuaria. 2010 Diciembre; 14(1): p.

15-25.

26. Daly D, Dassargues A, Drew D, Dunne S, Goldscheider N, Neale S, et al. Main concepts of the “European approach” to karst-groundwater-vulnerability assessment and mapping. *Hydrogeology Journal*. 2002 Marzo; 10(1): p. 340-345.
27. Hirata R. Carga contaminante y peligros a las aguas subterráneas. *Latino-Americana de Hidrogeología*. 2002; 2: p. 81-90.
28. Pérez LME, Vicencio DIRMG, Alarcón HMT, Vaca MM. Influencia del basurero municipal en la calidad del agua del Acuífero de la ciudad de Durango, México. *Int. Contam. Ambient*. 2002 Mayo; 18(3): p. 111-116.

# Anexos

## Anexo I Ubicación del área de estudio



Fuente: OIEA 2006

## Anexo II Reportaje fotográfico



Ubicación del pozo IEOS-5 con respecto al depósito receptor de aguas servidas



Fosa común cercana al pozo IEOS-5



Captación de pozo profundo IEOS-5



Reconocimiento y recopilación de información perteneciente al pozo IEOS-5



Toma de muestras de agua del Pozo Nuevo y Pozo IEOS-5



Toma de muestras de agua del pozo de riego



Aguas servidas empozadas frente al pozo IEOS-5

## Anexo III Análisis físico-químicos y bacteriológicos

**EMPRESA MUNICIPAL REGIONAL DE AGUA POTABLE  
ARENILLAS-HUAQUILLAS  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. N° 2  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

TIPO DE ANALISIS	: FISICO QUIMICO
METODO DE ENSAYO	: STANDARD METHODS
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Villareal.
FECHA DE MUESTREO	: 3 de Agosto de 2015
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	: 3 de Agosto de 2015
FECHA DE EMISIÓN DE RESULTADOS	: 3 de Agosto de 2015
NATURALEZA DE LAS MUESTRAS	: AGUA DE POZO (ARENILLAS)
IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	: 1

PARÁMETROS	UNITS	NORMA INEN 1108	POZO
			DE LA PARROQUIA CHACRAS
PH	(OH) <sup>-</sup>	6.5 – 8.5	7.90
Temperatura	°C	-	22
Conductividad	Us/cm	-	465
Turbiedad	NTU	5	0.5
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	76
Sólidos totales	mg/L	1000	224
Color aparente	Pt - Co	15	3
Cloro residual	mg/L	0.3 – 1.5	0
Cloruros	mg/L	250	36.8
Hierro total	mg/L	0.3	-
Manganeso	mg/L	0.4	0.5
Nitratos	mg/L	50	0.8
Nitritos	mg/L	3.0	6
Sulfato	mg/L	200	74
Cobre	mg/L	2.0	0.09
Cianuros	mg/L	0.07	0.001
Calcio	mg/L	-	17.6
Magnesio	mg/L	-	7.80
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	135
Cromo Hexavalente	mg/L	0.05	0.012
Salinidad	mg/L	-	0.2

**Observaciones:** Los parámetros de nitrito y manganeso están fuera de los permitidos en la NORMA INEN 1108.

  
Qf. Nataly Cervantes F.  
**JEFE DE LABORATORIO**




**EMPRESA MUNICIPAL REGIONAL DE AGUA POTABLE  
ARENILLAS-HUAQUILLAS  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. N° 2**

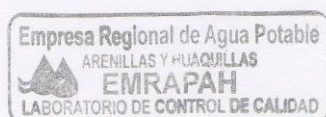
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

TIPO DE ANALISIS	: MICROBIOLÓGICO
METODO DE ENSAYO	: FILTRACIÓN POR MEMBRANA
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Villareal.
FECHA DE MUESTREO	: 3 de Agosto de 2015
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	: 3 de Agosto de 2015
FECHA DE EMISIÓN DE RESULTADOS	: 5 de Agosto de 2015
NATURALEZA DE LAS MUESTRAS	: AGUA DE POZO (ARENILLAS)
IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	: #1
CONSERVACION DE LAS MUESTRAS	: SI

PARAMETROS	UNITS	NORMA INEN 1108	AGUA DE POZO
			PARROQUIA CHACRAS
Bacterias Aerobias Totales	ufc/100ml	30	INCONTABLE
Coliformes Totales	ufc/100ml	AUSENCIA	INCONTABLE
Coliformes Fecales	ufc/100ml	AUSENCIA	INCONTABLE

**Observaciones:** Todos los parámetros se encuentran FUERA DEL RANGO permitido en la Norma INEN 1108. Por tanto el agua no es apta para el consumo humano.

  
 Qf. Nataly Cervantes F.  
**JEFE DE LABORATORIO**



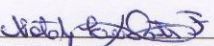


**EMPRESA MUNICIPAL REGIONAL DE AGUA POTABLE  
ARENILLAS-HUAQUILLAS  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. N° 2  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

TIPO DE ANALISIS	: FISICO QUIMICO
METODO DE ENSAYO	: STANDARD METHODS
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Villareal.
FECHA DE MUESTREO	: 12 de Agosto de 2015
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	: 12 de Agosto de 2015
FECHA DE EMISION DE RESULTADOS	: 13 de Agosto de 2015
NATURALEZA DE LAS MUESTRAS	: AGUA DE POZO (ARENILLAS)
IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	: 1

PARÁMETROS	UNITS	NORMA INEN 1108	POZO
			DE LA PARROQUIA CHACRAS (Pozo de Riego)
PH	(OH) <sup>-</sup>	6.5 – 8.5	6.96
Temperatura	°C	-	26.6
Conductividad	Us/cm	-	461
Turbiedad	NTU	5	4.4
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	340
Sólidos totales	mg/L	1000	222
Color aparente	Pt - Co	15	3
Cloro residual	mg/L	0.3 – 1.5	0
Cloruros	mg/L	250	36.8
Hierro total	mg/L	0.3	-
Manganeso	mg/L	0.4	0.5
Nitratos	mg/L	50	0.8
Nitritos	mg/L	3.0	8
Sulfato	mg/L	200	110
Cobre	mg/L	2.0	0.09
Cianuros	mg/L	0.07	0.002
Calcio	mg/L	-	65.6
Magnesio	mg/L	-	300
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	74
Cromo Hexavalente	mg/L	0.05	0.012
Salinidad	mg/L	-	0.3

**Observaciones:** Los parámetros de nitrito y manganeso están fuera de los permitidos en la NORMA INEN 1108.

  
Qf. Nataly Cervantes F.  
**JEFE DE LABORATORIO**



**EMPRESA MUNICIPAL REGIONAL DE AGUA POTABLE  
ARENILLAS-HUAQUILLAS  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. N° 2  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

TIPO DE ANALISIS	: FISICO QUIMICO
METODO DE ENSAYO	: STANDARD METHODS
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Villareal.
FECHA DE MUESTREO	: 12 de Agosto de 2015
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	: 12 de Agosto de 2015
FECHA DE EMISION DE RESULTADOS	: 13 de Agosto de 2015
NATURALEZA DE LAS MUESTRAS	: AGUA DE POZO (ARENILLAS)
IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	: 1

PARÁMETROS	UNITS	NORMA INEN 1108	POZO
			DE LA PARROQUIA CHACRAS
PH	(OH) <sup>-</sup>	6.5 – 8.5	7.71
Temperatura	°C	-	26.9
Conductividad	Us/cm	-	555
Turbiedad	NTU	5	0.2
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	88
Sólidos totales	mg/L	1000	267
Color aparente	Pt - Co	15	3
Cloro residual	mg/L	0.3 – 1.5	0
Cloruros	mg/L	250	36.8
Hierro total	mg/L	0.3	-
Manganeso	mg/L	0.4	<b>0.5</b>
Nitratos	mg/L	50	0.8
Nitritos	mg/L	3.0	<b>10</b>
Sulfato	mg/L	200	75
Cobre	mg/L	2.0	0.02
Cianuros	mg/L	0.07	0.001
Calcio	mg/L	-	22.4
Magnesio	mg/L	-	74.3
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	74
Cromo Hexavalente	mg/L	0.05	0.012
Salinidad	mg/L	-	0.3

**Observaciones:** Los parámetros de nitrito y manganeso están fuera de los permitidos en la NORMA INEN 1108.

  
Qf. Nataly Cervantes F.  
**JEFE DE LABORATORIO**



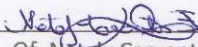
**EMPRESA MUNICIPAL REGIONAL DE AGUA POTABLE  
ARENILLAS-HUAQUILLAS  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. N° 2**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

TIPO DE ANALISIS : MICROBIOLOGICO  
 METODO DE ENSAYO : FILTRACION POR MEMBRANA  
 SOLICITANTE : Sr. Carlos Villareal.  
 FECHA DE MUESTREO : 12 de Agosto de 2015  
 FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA : 12 de Agosto de 2015  
 FECHA DE EMISION DE RESULTADOS : 14 de Agosto de 2015  
 NATURALEZA DE LAS MUESTRAS : AGUA DE POZO (ARENILLAS)  
 IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS : #1,2  
 CONSERVACION DE LAS MUESTRAS : SI

PARAMETROS	UNITS	NORMA INEN 1108	AGUA DE POZO	AGUA DE POZO
			CHACRAS	DE RIEGO (CHACRAS)
Bacterias Aerobias Totales	ufc/100ml	30	INCONTABLE	INCONTABLE
Coliformes Totales	ufc/100ml	AUSENCIA	INCONTABLE	INCONTABLE
Coliformes Fecales	ufc/100ml	AUSENCIA	INCONTABLE	INCONTABLE

**Observaciones:** Todos los parámetros se encuentran FUERA DEL RANGO permitido en la Norma INEN 1108. Por tanto el agua no es apta para el consumo humano.

  
 Qf. Nataly Cervantes F.  
**JEFE DE LABORATORIO**



**Anexo IV APUS del trabajo**  
**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO:** Afectacion de las aguas servidas en la calidad del agua cruda de la  
**NOMBRE DE RUBRO:** DESBROCE DE LA MALEZA CON MAQUINA  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 1  
**UNIDAD:** m2  
**RENDIMIENTO:** 0,040  
H/M2

**EQUIPOS:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,0198
2	Retroexcavadora		1	30	0,040	1,200
<b>SUBTOTAL</b>						<b>1,2198</b>

**MANO DE OBRA:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		0,1	2,66	0,040	0,01
2	Operador		1	2,71	0,040	0,108
3	Peon		2	2,13	0,040	0,17
4	Ayudante de operador		1	2,66	0,040	0,106
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,396</b>

**MATERIALES:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,000</b>

**TRANSPORTE:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	1,616
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	0,355
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>1,971</b>

Fecha: Octubre del 2015

Carlos Paul Villarreal Ayala

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** RETIRO DE LAS AGUAS SERVIDAS  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 2  
**UNIDAD:** Global  
**RENDIMIENTO:** 1,000  
 H/Global

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,8416
2	Camion cuba		1	100	1,000	100,000
<b>SUBTOTAL</b>						<b>100,8416</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		0,2	2,66	1,000	0,53
2	Peon		2	2,13	1,000	4,26
3	Chofer Profesional		1	3,91	1,000	3,91
4	Ayudante del chofer		3	2,71	1,000	8,13
<b>SUBTOTAL</b>						<b>16,832</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,000</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	117,674
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	25,888
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>143,562</b>

Fecha: Octubre del 2015

\_\_\_\_\_  
 Carlos Paul Villarreal Ayala

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** TRASLADO DE LAS AGUAS SERVIDAS A LAS LAGUNAS DE OXIDACION  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 3  
**UNIDAD:** Global  
**RENDIMIENTO:** 0,800  
H/Global

**EQUIPOS:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,4438
2	Volqueta de 8 m3		1	22,5	0,800	18,000
<b>SUBTOTAL</b>						<b>18,4438</b>

**MANO DE OBRA:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		0,1	2,66	0,800	0,21
2	Peon		2	2,13	0,800	3,41
3	Chofer profesional		1	3,91	0,800	3,13
4	Ayudante del chofer		1	2,66	0,800	2,13
<b>SUBTOTAL</b>						<b>8,877</b>

**MATERIALES:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,000</b>

**TRANSPORTE:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	27,321
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	6,011
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>33,331</b>

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** DESALOJO DEL SUELO CON MAQUINARIA  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 4  
**UNIDAD:** m3  
**RENDIMIENTO:** 0,114  
H/M3

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,0787
2	Volqueta de 8 m3		1	22,5	0,114	2,565
3	Retroexcavadora		1	30	0,114	3,420
<b>SUBTOTAL</b>						<b>6,0637</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		0,1	2,66	0,114	0,03
2	Peon		2	2,13	0,114	0,49
3	Operador		1	2,71	0,114	0,31
4	Chofer profesional		1	3,91	0,114	0,45
5	Ayudante del operador		1	2,66	0,114	0,30
<b>SUBTOTAL</b>						<b>1,574</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,000</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	7,638
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	1,680
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>9,318</b>

Fecha: Octubre del 2015

Carlos Paul Villarreal Ayala

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** RELLENO DEL DEPOSITO VIEJO CON MATERIAL DE CANTERA  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 5  
**UNIDAD:** m3  
**RENDIMIENTO:** 0,110  
H/M3

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,0642
2	Volqueta de 8m3		1	3,75	0,110	0,413
3	Retroexcavadora		1	2,88	0,110	0,317
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,7935</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		0,1	2,66	0,110	0,03
2	Ayudante del operador		1	2,66	0,110	0,29
3	Chofer profesional		1	3,91	0,110	0,43
4	Operador de Equipo Liviano		1	2,71	0,110	0,30
5	Peon		1	2,13	0,110	0,23
<b>SUBTOTAL</b>						<b>1,284</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Agua	m3	0,03	2,5	0,075
2	Material de cantera	m3	1	5	5,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>5,075</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	<b>7,153</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	<b>1,574</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>8,727</b>

Fecha: Octubre 2015

Carlos Paul Villarreal Ayala



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** TANQUE ELEVADO METÁLICO DE CAPACIDAD 100m3  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 6  
**UNIDAD:** global  
**RENDIMIENTO:** 0,080  
H/global

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,0625
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,0625</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		0,1	2,66	0,080	0,02
2	Albañil		1	2,58	0,080	0,21
3	Peon		6	2,13	0,080	1,02
<b>SUBTOTAL</b>						<b>1,250</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tanque de H.G. de 100m3	Global	1,00	3500	3500,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>3500,000</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	3501,313
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	770,289
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>4271,601</b>

Fecha: Octubre 2015

Carlos Paul Villarreal Ayala

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** SOPORTE DE TANQUE ELEVADO (Estructura Metálica)  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 7  
**UNIDAD:** global  
**RENDIMIENTO:** 0,060  
 H/global

**EQUIPOS:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,0434
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,0434</b>

**MANO DE OBRA:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		0,3	2,66	0,060	0,05
2	Albañil		2	2,58	0,060	0,31
3	Peon		4	2,13	0,060	0,51
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,869</b>

**MATERIALES:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Estructura metalica	global	1,000	4500	4500,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>4500,000</b>

**TRANSPORTE:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	4500,912
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	990,201
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>5491,113</b>

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** HORMIGON SIMPLE f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 8  
**UNIDAD:** m<sup>3</sup>  
**RENDIMIENTO:** 0,800  
 H/m<sup>3</sup>

**EQUIPOS:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,0000
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,0000</b>

**MANO DE OBRA:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		1	2,66	0,800	2,13
2	Albañil		2	2,58	0,800	4,13
3	Peon		10	2,13	0,800	17,04
4	Carpintero		1	2,58	0,800	2,06
<b>SUBTOTAL</b>						<b>25,360</b>

**MATERIALES:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Cemento	kg	360,000	0,18	64,800
2	Piedra 3/4	m <sup>3</sup>	0,480	6,8	3,264
3	Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0,710	7,8	5,538
4	Grava	m <sup>3</sup>	0,220	1,1	0,242
<b>SUBTOTAL</b>					<b>73,844</b>

**TRANSPORTE:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	<b>99,204</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	<b>21,825</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>121,029</b>

Fecha: Octubre 2015

Carlos Paul Villarreal Ayala

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** ESCALERA Y PASAMANOS  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 9  
**UNIDAD:** global  
**RENDIMIENTO:** 0,040  
H/global

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,0307
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,0307</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Maestro de Obra		0,3	2,66	0,040	0,03
2	Albañil		2	2,58	0,040	0,21
3	Ayudante de albañil		2	2,56	0,040	0,20
4	Peon		2	2,13	0,040	0,17
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,614</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Escalera y pasamanos	global	1,00	1000	1000,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1000,000</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	1000,644
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	220,142
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>1220,786</b>

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** ACCESORIOS DE ENTRADA AL TANQUE ELEVADO  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 10  
**UNIDAD:** global  
**RENDIMIENTO:** 1,000  
H/global

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,4884
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,4884</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Peon		3	2,13	1,000	6,39
2	Albañil		1	2,58	1,000	2,58
3	Maestro de obra		0,3	2,66	1,000	0,80
<b>SUBTOTAL</b>						<b>9,768</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tubería PVC 75mm	ml	6,00	3,2	19,200
2	Codo H.G. 90, 3"	UNIDAD	2	1,7	3,400
3	Codo H.G. 45, 3"	UNIDAD	1	1,6	1,600
4	Valvula de entrada-flotador, 3"	UNIDAD	1	92	92,000
5	Valvula de compuerta de H.G., 3"	UNIDAD	2	5,5	11,000
6	Indicador de nivel automatico	UNIDAD	1	55	55,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>182,200</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	192,456
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	42,340
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>234,797</b>

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** ACCESORIOS DE SALIDA DEL TANQUE ELEVADO  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 11  
**UNIDAD:** global  
**RENDIMIENTO:** 1,000  
H/global

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,4884
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,4884</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
2	Maestro de Obra		0,3	2,66	1,000	0,80
2	Plomero		1	2,58	1,000	2,58
4	Peon		3	2,13	1,000	6,39
<b>SUBTOTAL</b>						<b>9,768</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tubería PVC 110mm	ml	6,00	62	372,000
2	Valvula check de 4"	UNIDAD	1	70	70,000
3	Codo PVC 90, 4"	UNIDAD	2	25	50,000
4	Abrazaderas 1 flex, 4"	UNIDAD	2	3	6,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>498,000</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	<b>508,256</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	<b>111,816</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>620,073</b>

Fecha: Octubre 2015

\_\_\_\_\_  
Carlos Paul Villarreal Ayala

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** ACCESORIOS DE DESBORDE DE TANQUE ELEVADO  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 12  
**UNIDAD:** global  
**RENDIMIENTO:** 1,000  
H/global

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,4884
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,4884</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Peon		3	2,13	1,000	6,39
2	Albañil		1	2,58	1,000	2,58
3	Maestro de obra		0,3	2,66	1,000	0,80
<b>SUBTOTAL</b>						<b>9,768</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tubería H.G., 3"	m	22,00	12	264,000
2	Universal H.G. 3"	UNIDAD	4	5	20,000
3	Abrazaderas 1 flex, 3"	UNIDAD	2	5	10,000
4	Codo H.G. 90, 3"	UNIDAD	4	3	12,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>306,000</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	316,256
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	69,576
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>385,833</b>

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** TANQUE HIPOCLORADOR DE 250lt POLIETILENO  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 13  
**UNIDAD:** Global  
**RENDIMIENTO:** 1,300  
 H/global

**EQUIPOS:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,5311
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,5311</b>

**MANO DE OBRA:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Tecnico		1	3,91	1,300	5,08
2	Ayudante		2	2,13	1,300	5,54
<b>SUBTOTAL</b>						<b>10,621</b>

**MATERIALES:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tanque Hipoclorador 250 lts	unidad	1,00	80	80,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>80,000</b>

**TRANSPORTE:**

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	91,152
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	20,053
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>111,206</b>



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** ACCESORIOS DE TANQUE HIPOCLORADOR  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 14  
**UNIDAD:** global  
**RENDIMIENTO:** 1,300  
 H/global

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,4498
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,4498</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Plomero		1	2,66	1,300	3,46
2	Ayudante		2	2,13	1,300	5,54
<b>SUBTOTAL</b>						<b>8,996</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Flotador de PVC	UNIDAD	1	42	42,000
2	Codo 45 PVC 1/2"	UNIDAD	1	5	5,000
3	Manguera pol. Flexible 1/2"	ml	10	1,1	11,000
4	Abrazadera 1 flex. 1/2"	UNIDAD	1	1,4	1,400
5	Tub. PVC rigida 1/2"	ml	60	0,8	48,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>107,400</b>

### TRANSPORTE:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	116,846
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	25,706
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>142,552</b>

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO:** Construcción del Subcentro de salud de la Parroquia La Avanzada  
**NOMBRE DE RUBRO:** HIPOCLORITO DE CALCIO  
**DESCRIPCIÓN:**

**RUBRO:** 15  
**UNIDAD:** KG  
**RENDIMIENTO:** 1,300  
H/KG

### EQUIPOS:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Herramienta Menor					0,5311
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,5311</b>

### MANO DE OBRA:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
1	Tecnico		1	3,91	1,300	5,08
2	Ayudante		2	2,13	1,300	5,54
<b>SUBTOTAL</b>						<b>10,621</b>

### MATERIALES:

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Hipoclorito de calcio, caneca de 2,5kg	unidad	1,00	15	15,000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>15,000</b>

### TRANSPORTE:

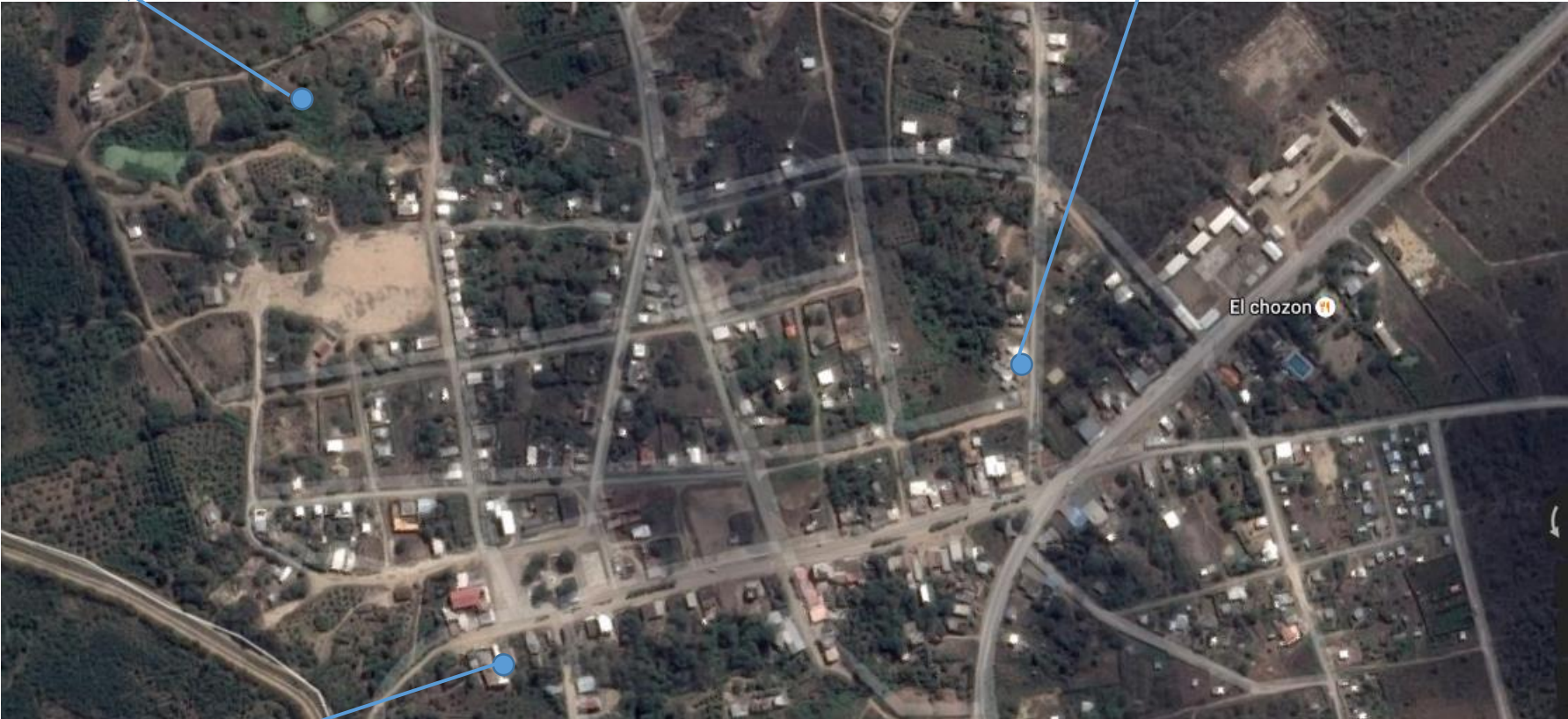
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS:</b>	<b>26,152</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS:</b>	<b>5,753</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>	<b>31,906</b>

**Anexo V Ubicación de los pozos en la parroquia Chacras**

Pozo de riego

Pozo nuevo



Pozo IEOS-5

**Fuente:** Google maps 2015

# Planos

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Investigacion Villarreal.docx (D16312239)  
**Submitted:** 2015-11-21 04:05:00  
**Submitted By:** agromero@utmachala.edu.ec  
**Significance:** 3 %

### Sources included in the report:

tesis miguel yamuanque parte 3.docx (D12591373) MEMORIA TÉCNICA  
TESIS.pdf (D11888690)  
[http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo11\\_2003.pdf](http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo11_2003.pdf)  
<http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen8/vulnerabilidad.pdf>  
<http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo41/G41Art48.pdf>  
[http://aguas.igme.es/Boletin/2008/119\\_1\\_2008/ARTICULO%201.pdf](http://aguas.igme.es/Boletin/2008/119_1_2008/ARTICULO%201.pdf)  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/5342>

### Instances where selected sources appear:

16



ROMERO VALDIVIEZO ANGEL GUSTAVO  
TUTOR  
C.I. 0701950313  
agromero@utmachala.edu.ec