UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO:

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE DESALINIZACION DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL POZO EXISTENTE DE LA POBLACIÓN DE JAMBELI, CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

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

AUTOR:
VIVANCO ALBARRACIN ANDREA MELISSA

TUTOR:
ROMERO VALDIVIEZO ANGEL GUSTAVO

MACHALA|EL ORO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, VIVANCO ALBARRACIN ANDREA MELISSA, con C.I. 0705822476, 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 ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE DESALINIZACION DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL POZO EXISTENTE DE LA POBLACIÓN DE JAMBELI, CANTÓN SANTA ROSA, 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

VIVANCO ALBARRACIN ANDREA MELISSA
C.I. 0705822476

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE DESALINIZACION DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL POZO EXISTENTE DE LA POBLACIÓN DE JAMBELI, CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.

VIVANCO ALBARRACIN ANDREA MELISSA
AUTOR(A)
C.I. 0705822476
andymeli67@hotmail.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 ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE DESALINIZACION DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL POZO EXISTENTE DE LA POBLACIÓN DE JAMBELI, CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO. elaborado por el estudiante VIVANCO ALBARRACIN ANDREA MELISSA, con C.I. 0705822476, 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 tramites.

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 Dios por permitirme alcanzar esta meta profesional, por ser la fuerza en los momentos de debilidad, y la fe para seguir adelante a pesar de los obstáculos y dificultades que se presenten.

A mis padres, Eduardo Vivanco y Gladys Albarracín, por ser padres ejemplares e inspirarme a ser mejor cada día, por ser mi apoyo y mi guía en cada momento de mi vida personal y estudiantil, además por enseñarme el valor del esfuerzo y sacrificio. Por acompañarme en los momentos de alegría y tristeza, alentarme a perseverar y nunca rendirme. Por hacer de mí la persona que soy y brindarme siempre su amor y comprensión, a ellos dedico este y todos los logros de mi vida.

A mis hermanos, Lisbeth y Eduardo por velar por mi bienestar y ser la alegría de mis días. Por ser mis hermanos y amigos, además de acompañarme y aconsejarme en este difícil pero gratificante camino.

AGRADECIMIENTO

A la Unidad Académica de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala por permitirme desarrollar mi carrera universitaria de manera responsable e íntegra, mediante el aporte de conocimientos técnicos y actitudes éticas para mi formación como un profesional de excelencia que fomente el progreso de nuestra sociedad.

A mis tutores, los Señores Ingenieros: Ángel Romero Valdivieso, Fredy Aguirre Morales y César Solano de la Sala Monteros por impartirme sus conocimientos y experiencia para la realización de mi trabajo de titulación, por tener siempre la predisposición de ayudarme durante el transcurso de este proceso.

Quiero agradecer a todas las personas que me ayudaron de manera directa e indirecta, gracias por su tiempo, apoyo y conocimientos que fueron un factor esencial para la conclusión del presente proyecto

RESUMEN

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE DESALINIZACIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL POZO EXISTENTE EN LA ISLA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO

Autor: Andrea Melissa Vivanco Albarracín
Tutor: Ing. Ángel Romero Valdivieso

El presente proyecto está enfocado en la búsqueda de alternativas que permitan resolver el problema de salinidad del agua subterránea captada por el pozo profundo que abastece a la Isla Jambelí. En la preselección se presentaron una serie de procesos opcionales de desalinización que se puedan adaptar a la realidad del proyecto, escogiéndose aquel que pueda garantizar el cumplimiento del objetivo planteado en la investigación. La alternativa seleccionada fue el desarrollo de un sistema de desalinización basado en el principio de ósmosis inversa que incluya un proceso de pretratamiento físico y químico no convencional, el cual funcionará conjuntamente con la actual planta de tratamiento de la isla Jambelí. Se determinó que la opción escogida es económicamente factible mediante un análisis de los costos en la fase de construcción y en la fase de explotación, obteniendo como resultado un costo por m^3 menor que el actual, con lo cual se puede afianzar la viabilidad del proyecto. Una vez culminada la etapa de selección, se procedió a realizar el diseño de cada uno de los componentes del sistema de desalinización adoptado, basándose en las características de la calidad del agua abastecida por el pozo de captación, además del caudal necesario para satisfacer las demandas de la población de la isla. En el diseño se incluyeron la descripción del funcionamiento y especificaciones técnicas de cada uno de los equipos y unidades utilizadas, el cálculo y dimensionamiento de tanques de reserva, bombas, conducciones y accesorios, concluyéndose con el presupuesto referencial del proyecto, así como también la programación de las actividades de la obra.

Palabras clave: Desalinización, ósmosis inversa, salinidad del agua subterránea, pozo profundo, Isla Jambelí.

ABSTRACT

STUDY FOR THE IMPLEMENTATION OF A NEW TECHNOLOGY DESALINATION PLANT FOR WATER TREATMENT OF THE WELL EXISTING IN JAMBELÍ ISLAND, SANTA ROSA CANTON, PROVINCE OF EL ORO

Author: Andrea Melissa Vivanco Albarracín
Tutor: Ing. Ángel Romero Valdivieso

This project focuses on finding alternatives to solve the problem of groundwater salinity captured by the deep well that supplies the Jambelí Island. In the preselection a number of optional desalination processes that can be adapted to the reality of the project were presented, whichever one that can ensure compliance with the objective set in the investigation. The selected alternative was to develop a desalination system based on the principle of reverse osmosis process including unconventional physical and chemical pretreatment, which work together with the current treatment plant in Jambelí Island. It was determined that the preferred option is economically feasible through an analysis of costs in the construction phase and the operational phase, resulting in a cost per m^3 less than the current, which can strengthen the viability of the project. Upon completion of the selection stage, we proceeded to make the design of each of the components of the system adopted desalination, based on the characteristics of the quality of water supplied by the well catchment, besides the flow required to meet the demands of the population of the island. In designing the functional description and techniques of each of the teams and units used, the analysis and design of storage tanks, pumps, pipes and fittings, concluding with a reference budget of the project specifications are included, as well as programming the activities of the work.

Keywords: desalination, reverse osmosis, groundwater salinity, deep well, Jambelí Island.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

FRONTISPICIO ii
PÁGINA DE EVALUACIÓN O VEREDICTO iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO v
RESUMEN vi
INDICE DE CONTENIDOS viii
INDICE DE GRÁFICOS xi
INDICE DE TABLAS xii
INDICE DE ANEXOS xv

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INTERVENCIÓN 2
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO....6
1.2.1 OBJETIVO GENERAL....6
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS....6
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO TÉCNICO 7

CAPÍTULO II. ESTUDIOS DE FACTIBIIDAD DE LA ALTERNATIVA SOLUCIÓN ADOPTADA

2.1 ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN Y SUS ESCENARIOS....8
2.1.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 9
2.2 PREFACTIBILIDAD....19
2.3 FACTIBILIDAD 23
2.3.1 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN 23
2.3.2 COSTOS DE INVERSIÓN 23
2.3.3 COSTOS DE EXPLOTACIÓN 24
2.3.3.1 COSTOS FIJOS....24
2.3.3.2 COSTOS VARIABLES....25
2.3.3.3 RESUMEN DE COSTOS DE EXPLOTACIÓN....26
2.3.4 COSTO DEL m^3 DE AGUA TRATADA 27
2.3.5 COSTO ACTUAL DEL m^3 DE AGUA POTABLE EN LA ISLA JAMBELÍ ...27
2.3.6 FACTIBILIDAD ECONÓMICA....28
2.4 MARCO TEÓRICO....29
2.4.1 MARCO CONTEXTUAL....29
2.4.1.1 DATOS GENERALES DE LA PARROQUIA JAMBELÍ 29
2.4.1.2 ASPECTOS GEOGRÁFICOS....30
2.4.1.3 ASPECTOS HISTÓRICOS 31
2.4.1.4 CONTEXTO HUMANO-SOCIAL....31
2.4.1.5 DESARROLLO ECONÓMICO 32
2.4.1.6 DESARROLLO TERRITORIAL....32
2.4.2 MARCO CONCEPTUAL 34
2.4.2.1 DESALINIZACIÓN 34
2.4.2.2 ÓSMOSIS INVERSA....36
2.4.2.3 AGUA DE ALIMENTACIÓN PARA ÓSMOSIS INVERSA 36
2.4.2.4 MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA....37

2.4.2.5 TASA DE RECUPERACIÓN 38
2.4.2.6 PRETRATAMIENTO 39
2.4.2.7 POST TRATAMIENTO 41
2.5 METODOLOGÍA 43

CAPÍTULO III. DISEÑO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA SOLUCIÓN

3.1 CONCEPCIÓN DEL PROTOTIPO 45
3.1.1 CALIDAD INICIAL DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN 45
3.1.2 CAUDAL CAPTADO POR EL POZO PROFUNDO 47
3.1.3 CAUDAL DE DISEÑO 48
3.1.3.1 PERIODO DE DISEÑO 48
3.1.3.2 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 48
3.1.3.3 POBLACIÓN DE DISEÑO 54
3.1.3.4 POBLACIÓN FLOTANTE 55
3.1.3.5 DOTACIÓN 55
3.1.3.6 CAUDAL MEDIO 55
3.1.3.7 CAUDAL MÁXIMO DIARIO 56
3.2 MEMORIA TÉCNICA 58
3.2.1 CAPTACIÓN 61
3.2.2 AIREACIÓN 61
3.2.3 FILTRACIÓN MULTIMEDIA 61
3.2.4 MICROFILTRACIÓN 70
3.2.5 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA 72
3.2.6 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA 73
3.2.7 UNIDAD DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA 74
3.2.8 SISTEMA DE LIMPIEZA DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA 76
3.2.9 TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN Y BOMBAS 79
3.2.10 TANQUES DE ALMACENAMIENTO 101
3.2.11 EMISARIO DE SALMUERA 104
3.2.12 MANTENIMIENTO 105
3.3 PRESUPUESTO 107
3.4 PROGRAMACIÓN DE OBRAS 109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 112
CONCLUSIONES 112
RECOMENDACIONES 113
SISTEMAS DE REFERENCIAS 114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 114
ANEXOS 118

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE AGUA DESALADA DEL PLANETA 4
GRÁFICO 2. PROTOTIPO DE DESALINIZACIÓN A ESCALA DOMÉSTICA 14
GRÁFICO 3. SISTEMA DE DESALINIZACIÓN MEDIANTE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTÁICA 16
GRÁFICO 4. MAPA FÍSICO PARROQUIAL DE JAMBELÍ 29
GRÁFICO 5. ÓSMOSIS INVERSA 36
GRÁFICO 6. MEMBRANA DE ÓSMOSIS INVERSA 37
GRÁFICO 7. REPRESENTACIÓN POBLACIÓN VS TIEMPO (MÉTODO ARITMÉTICO) 50
GRÁFICO 8. REPRESENTACIÓN POBLACIÓN VS TIEMPO (MÉTODO GEOMÉTRICO) 51
GRÁFICO 9. REPRESENTACIÓN POBLACIÓN VS TIEMPO (MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS) 54
GRÁFICO 10. SECCIÓN TÍPICA DE UN FILTRO MULTIMEDIA 62
GRÁFICO 11. RETROLAVADO DEL FILTRO MULTIMEDIA 69
GRÁFICO 12. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MICROFILTRACIÓN 71
GRÁFICO 13. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA 72
GRÁFICO 14. SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA 73
GRÁFICO 15. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA 73
GRÁFICO 16. SISTEMA DE LIMPIEZA DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA 77
GRÁFICO 17. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN 79
GRÁFICO 18. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN 88
GRÁFICO 19. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE TRANSFERENCIA 96
GRÁFICO 20. DIMENSIONES DE LA CISTERNA 1 102
GRÁFICO 21. DIMENSIONES DE LA CISTERNA 2 103
GRÁFICO 22. DIMENSIONES DEL TANQUE ELEVADO 104

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO A NIVEL NACIONAL 3

TABLA 2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES PROCESO DE DESALINIZACIÓN.....8

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN EN ASCALÓN 10

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN EN OROT RABIN 10

TABLA 5. MODELO DE UN PROCESO DE DESALINIZACIÓN CONVENCIONAL 10

TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN WADI MA'IN, ZARA Y MUJIB.....11

TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN EN SAN JUAN DESPÍ.....11

TABLA 8. TECNOLOGÍAS DE DESALINIZACIÓN EN LA FRANJA DE GAZA.....12

TABLA 9. UNIDADES DE DESALINIZACIÓN EN ISRAEL 12

TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DESALINIZADORA EN ADDUR, BARÉIN 13

TABLA 11. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DESALINIZADORA EN RAS ABU JARJUR, BARÉIN 13

TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DE DESALINIZACIÓN EN LAS ISLAS CANARIAS..13

TABLA 13. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN EN PALMACHIN.....13

TABLA 14. DISEÑO PROSPECTIVO DESARROLLADO EN BHOPAL.....14

TABLA 15. CARACTERÍSTICAS DE UNA UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA UTILIZADA EN TÚNEZ 15

TABLA 16. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DESALINIZADORA POR ENERGÍA GEOTÉRMICA EN SINGAPUR.....15

TABLA 17. CARACTERÍSTICAS DE DESALINIZACIÓN POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN MÉXICO.....16

TABLA 18. CARACTERÍSTICAS DE UNA PLANTA DE DESTILACIÓN MÚLTIPLE EFECTO.....16

TABLA 19. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN ADELAIDE.17

TABLA 20. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN DE LA ETAP 17

TABLA 21. CARACTERÍSTICAS DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR TUBULAR.....18

TABLA 22. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN EN EL SAHARA ARGELINO 18
TABLA 23. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ALTERNATIVAS PRESELECCIONADAS 20
TABLA 24. COSTOS DE INVERSIÓN 23
TABLA 25. COSTOS DE PERSONAL 24
TABLA 26. COSTOS DE MANTENIMIENTO 24
TABLA 27. RESUMEN DE COSTOS FIJOS 25
TABLA 28. COSTOS DE ENERGÍA 25
TABLA 29. COSTOS DE PRODUCTOS 26
TABLA 30. RESUMEN DE COSTOS VARIABLES 26
TABLA 31. COSTOS DE EXPLOTACIÓN ANUAL 26
TABLA 32. COSTO ACTUAL DEL M^3 DE AGUA POTABLE EN JAMBELÍ 27
TABLA 33. COMPARACIÓN ENTRE EL COSTO DEL AGUA TRATADA Y EL COSTO ACTUAL 28
TABLA 34. DATOS DE LA PARROQUIA JAMBELÍ 29
TABLA 35. COBERTURA DE AGUA POTABLE EN LAS ISLAS DE LA PARROQUIA JAMBELÍ 33
TABLA 36. CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN SU SALINIDAD 32
TABLA 37. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE DESALINIZACIÓN 35
TABLA 38. DATOS DE CENSOS AÑOS 1990, 2001 Y 2010 49
TABLA 39. RESULTADOS DE POBLACIÓN FUTURA (MÉTODO ARITMÉTICO) 50
TABLA 40. DATOS DE CENSOS AÑOS 1990, 2001 Y 2010 50
TABLA 41. RESULTADOS DE POBLACIÓN FUTURA (MÉTODO GEOMÉTRICO) 51
TABLA 42. DATOS DE CENSOS AÑOS 1990, 2001 Y 2010 52
TABLA 43. VARIABLES PARA DETERMINAR a Y b 52
TABLA 44. RESULTADOS DE POBLACIÓN FUTURA (MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS) 54
TABLA 45. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO 57
TABLA 46. MODELOS DE TANQUES DE FILTRACIÓN MULTIMEDIA 68
TABLA 47. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL FILTRO MULTIMEDIA MODELO 60L 69
TABLA 48. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE MICROFILTRACIÓN 70
TABLA 49. MODELOS DE SISTEMAS DE MICROFILTRACIÓN 71

TABLA 50. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA 72
TABLA 51. CARACTERÍSTICAS DE LAS MEMBRANAS DE ACETATO DE CELULOSA 74
TABLA 52. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA 75
TABLA 53. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA MODELO 100H 76
TABLA 54. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE LIMPIEZA 77
TABLA 55. MODELOS DE SISTEMAS DE LIMPIEZA 78
TABLA 56. FACTORES A Y B PARA ACCESORIOS DE SUCCIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN 82
TABLA 57. FACTORES A Y B PARA ACCESORIOS DE IMPULSIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN 83
TABLA 58. COEFICIENTES “K” PARA ACCESORIOS DE SUCCIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN 85
TABLA 59. COEFICIENTES “K” PARA ACCESORIOS DE IMPULSIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN 85
TABLA 60. FACTORES A Y B PARA ACCESORIOS DE SUCCIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN 90
TABLA 61. FACTORES A Y B PARA ACCESORIOS DE IMPULSIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN 90
TABLA 62. COEFICIENTES “K” PARA ACCESORIOS DE SUCCIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN 92
TABLA 63. COEFICIENTES “K” PARA ACCESORIOS DE IMPULSIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN 93
TABLA 64. FACTORES A Y B PARA ACCESORIOS DE SUCCIÓN DE LA BOMBA DEL AGUA PRODUCTO 97
TABLA 65. FACTORES A Y B PARA ACCESORIOS DE IMPULSIÓN DE LA BOMBA DEL AGUA PRODUCTO 97
TABLA 66. COEFICIENTES “K” PARA ACCESORIOS DE SUCCIÓN DE LA BOMBA DEL AGUA PRODUCTO 99
TABLA 67. COEFICIENTES “K” PARA ACCESORIOS DE IMPULSIÓN DE LA BOMBA DEL AGUA PRODUCTO 99

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.- FOTOS PLANTA DE TRATAMIENTO EN LA ISLA JAMBELÍ.....118
ANEXO B.- ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA.....120
ANEXO C.- PROPUESTA DE UNIDAD DESALINIZADORA 122
ANEXO D.- ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....143
ANEXO E.- DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN DE LOS RUBROS.....206
ANEXO F.- PLANOS 210

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años los problemas de escasez de agua dulce se han agudizado en diferentes regiones del mundo debido a causas como la sobreexplotación, contaminación y mala gestión de este recurso. Al tratarse de un elemento indispensable para el desarrollo social y económico del ser humano es necesario que se busquen nuevas alternativas de abastecimiento que garanticen obtener agua apta para el consumo.

La poca accesibilidad al agua en algunas comunidades ha llevado al planteamiento de nuevas iniciativas para generar este recurso. En este contexto se han creado sistemas de tratamiento basados en procesos no convencionales como es la desalinización de agua de mar o de fuentes salobres, que surge como una potencial solución para satisfacer las demandas de las diferentes poblaciones que afrontan este problema.

La desalinización no es una tecnología reciente, existen indicios de que el ser humano ya empleaba métodos naturales para obtener agua dulce a partir de una fuente salina desde hace mucho tiempo antes de implementarse esta tecnología. Los sistemas de desalinización nacen como tal a comienzos de la década de los 50 cuando procesos como la evaporación fueron tecnificados. Con el transcurso de los años se han creado nuevas tecnologías basadas en métodos de destilación, congelación o separación por membranas como la ósmosis inversa. Esta última ha adquirido mayor importancia en la actualidad, siendo la más utilizada en las plantas desalinizadoras a nivel mundial.

En Ecuador, las tecnologías de desalinización no han tenido un desarrollo significativo, ya que las poblaciones aprovechan la riqueza hídrica que posee el país para generar fuentes de abastecimiento de agua dulce. Sin embargo en zonas costeras donde dichas fuentes son limitadas, es necesario recurrir a procesos alternativos como la desalinización, que se valgan de los recursos existentes para producir agua consumible.

En este sentido, el presente proyecto pretende ser una solución al problema de escasez de agua potable en la Isla Jambelí, cantón Santa Rosa. Está basado en el desarrollo de una tecnología de desalinización mediante el proceso de ósmosis inversa para el tratamiento del agua subterránea salobre captada por el pozo profundo existente en la isla.

En este proyecto investigativo se expone el análisis pertinente en cuanto a factibilidad de la alternativa seleccionada, para luego establecer el diseño definitivo que responda a las características del agua a tratar, así como también al caudal requerido para satisfacer la demanda de agua potable de la población. Finalmente se desarrolla cada fase del sistema de desalinización con el fin de establecer una solución técnica aplicable al caso de estudio.

CAPÍTULO I.
DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INTERVENCIÓN

El agua se ha convertido en un factor muy importante para el desarrollo social y económico de un pueblo. Diariamente aumenta la demanda de este recurso ya que entre más progreso experimenta una comunidad, mayor es la exigencia de este elemento para sus actividades cotidianas. Sin embargo, las fuentes naturales que lo proporcionan se ven cada vez más agotadas.

El 97.5% del agua en el planeta corresponde a agua salada. Solamente el 2.5% representa agua dulce. De este último porcentaje, el 68.7% corresponde a los glaciares, los cuales no pueden ser utilizados para obtener agua dulce, ya que son parte fundamental en los ecosistemas de la hidrosfera; en las aguas superficiales y atmosféricas, los lagos de agua dulce representan el 67.4%; pero la mayor parte se encuentran contaminados; el consumo de agua dulce, se utiliza para la agricultura y la industria y sólo el 10% para uso doméstico[1]. A partir de estas cifras se puede observar que el agua dulce es un recurso muy limitado, por lo que su administración debe ser realizada de manera responsable e inteligente, buscando siempre lograr un equilibrio entre las necesidades del ser humano y del medio ambiente.

Debido a su transcurso por la superficie del suelo, o por características mismas de su entorno, el agua dulce no posee el grado de pureza adecuado para su consumo directo, por esta razón tiene que ser sometida antes a procesos de potabilización, los cuales no han logrado su total eficiencia en algunos países.

Según informes de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), aproximadamente el 40 por ciento de la población mundial no cuenta con acceso al agua potable, es decir 1100 millones de habitantes de un total de 6250 millones, además un promedio de 2400 millones de personas no poseen medios de saneamiento adecuado. Este es el motivo por lo que existen cifras alarmantes en cuando a muertes relacionados con problemas del agua, el informe expone que cada año un aproximado de cinco millones de personas, la mayoría niños, mueren por beber agua con alto grado de contaminación.

En Ecuador la cobertura de sistemas de agua potable ha aumentado significativamente en los últimos años. Sin embargo, existen deficiencias en cuanto al servicio debido a la falta de cobertura a diferentes zonas del país, en especial a las rurales, además de la mala calidad del recurso provisto e ineficiencia en la gestión del servicio.

En el año 2010, el porcentaje de la cobertura del abastecimiento de agua (conexiones domésticas) era de 96% en las zonas urbanas y 74% en las rurales, La cobertura de los servicios de agua tiende a ser menor en la Costa y en el Oriente que en la Sierra[2].

Tabla 1. Cobertura de Agua Potable y Saneamiento a nivel nacional

		Urbano (62% de la población)	**Rural (38% de la población)**	**Total**
Agua	Definición amplia	97%	88%	94%
	Conexiones domiciliares	96%	74%	88%
Saneamiento	Definición amplia	84%	92%	
	Alcantarillado	62%	16%	45%

Fuente: Programa de Monitoreo Conjunto para agua potable y saneamiento. Año 2004

Del total de cobertura del abastecimiento de agua en el Ecuador, la provincia de El Oro representa el 88.4%. El cantón Santa Rosa presenta un porcentaje de cobertura de agua potable del 88.2%[3].

Como se puede observar, el cantón Santa Rosa posee un porcentaje bastante significativo en cuanto a abastecimiento de agua potable, sin embargo existen zonas en donde estos sistemas son nulos, ejemplo de ello es La isla Jambelí.

En la actualidad han sido muchos los esfuerzos para buscar respuestas al aporte de agua ya sea a corto y mediano plazos. Se han desarrollado una gran variedad de tecnologías enfocadas en la obtención de agua potable, dentro de este contexto se crea la desalinización, que apunta a ser una tecnología factible para los problemas de escasez de agua[4].

A lo largo de los años la desalinización de agua salina se ha consolidado como una tecnología viable y económicamente sostenible, permitiendo que regiones alrededor del mundo obtengan agua potable. Esta alternativa se ha desarrollado técnicamente desde mediados del siglo XX hasta convertirse, hoy en día, en la única fuente de provisión en algunas zonas[5].

Alrededor del 39% de la población mundial vive en zonas cercanas al mar. Este hecho afianza la selección de los procesos de desalinización como una alternativa para el suministro de agua en regiones costeras en donde el recurso escasea y existen requerimientos significativos. En el año 2009, la capacidad de desalación del planeta fue, aproximadamente, de 52.000.000 m^3/día y los cinco países que más apostaron por este tipo de tecnología son los que se indican en la figura 1[6].

Por lo que respecta al mercado internacional, los estudios realizados por la Global Water Intelligence señalan que en el periodo 2005-2015, las inversiones para construir nuevas plantas de desalación ascenderán a los 30.529 millones de dólares, con un coste de operación que se prevé que será de unos 3.416 millones de dólares. Por otro lado, el 70% de las instalaciones utilizarán agua de mar como materia primera[6].

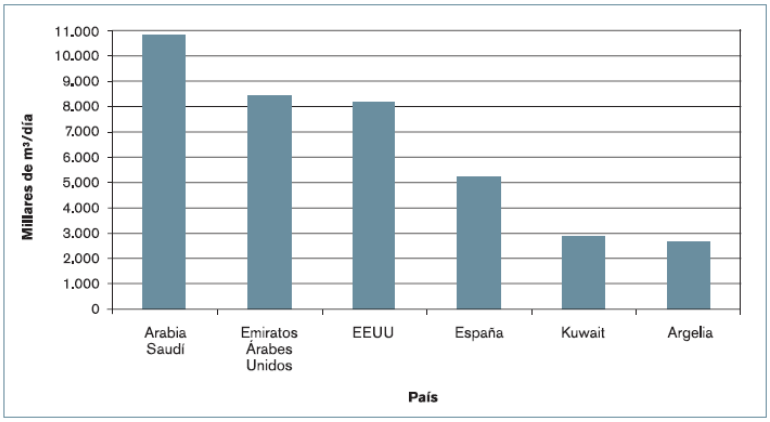


Gráfico 1. Principales países productores de agua desalada del planeta (Subirachs S., Oliver P. y Estrany C. Año 2010)

En Ecuador, los métodos de desalinización no han tenido un gran desarrollo debido a su gran costo o a la implementación de tecnologías muy nuevas. Además el país se caracteriza por su riqueza hídrica como ríos, lagos, vertientes, aguas subterráneas, entre otros, por lo que los gobiernos no se han visto en la necesidad de establecer nuevas alternativas para el suministro de agua.

Una de las plantas desalinizadoras existentes en el país es la ubicada en la unidad de destilación atmosférica Cautivo que forma parte del área de procesos de la Refinería La Libertad, con una operación en la península de Santa Elena de más de 41 años. Esta planta trata el agua de mar para consumo interno de la planta y sus utilidades procesan 150 m^3 aproximadamente 943 barriles por día de agua. Sin embargo, el recurso obtenido es solo para consumo industrial.

Otro de los pocos lugares en donde se han implementado plantas desalinizadoras es en la Provincia de Galápagos, ya sea en menor escala como en hoteles y establecimientos turísticos o a mayor como en el caso de la planta del INGALA (Instituto Nacional Galápagos), ubicada en Puerto Ayora, Isla Santa Cruz, que comenzó a funcionar en diciembre de 1989, en un terreno que posee una fuente (grieta) de donde se capta el agua bruta para ser tratada. Dicha grieta denominada “Pampas Coloradas” está ubicada a 15 metros a espaldas de la Planta Desalinizadora y el espejo de agua de esa grieta está a 17 metros de la superficie.

Como se puede constatar, el agua desalada es una opción viable y sustentable como fuente de abastecimiento para poblaciones cercanas al mar que no cuenten con un fácil acceso al recurso, ni con un sistema de suministro de agua potable correctamente establecido, como es el caso de la Isla Jambelí, en donde la implementación de un método de desalinización no se ha visto contemplado.

Se considera a la Isla de Jambelí como un destino turístico real del cantón Santa Rosa en la provincia de El Oro, con una longitud de playa aproximada de 12 Km, de los cuales 3 Km están en uso, es la parroquia con mayor extensión en relación al resto de parroquias del cantón.

La falta de fuentes hídricas naturales, a partir de cursos superficiales o vertientes proveedoras de agua dulce, han afectado al abastecimiento de este recurso para la

isla. A esto se le suma el poco interés de los organismos administrativos para desarrollar nuevas alternativas que satisfagan la demanda de agua potable de la comunidad isleña. Estos factores han contribuido a que la isla Jambelí no cuente con un sistema eficiente para proporcionar agua potable a sus habitantes y turistas.

Es muy importante realizar un análisis acerca del sistema de abastecimiento de agua potable en la Isla Jambelí, ya que a través de los años se han venido dando problemas de acceso y calidad del recurso. Al no contar con un mecanismo fiable de suministro, la dotación destinada a aseo es a través de pozos subterráneos, mientras que para consumo humano el agua es comprada en puertos cercanos.

El pozo subterráneo construido fue concebido como solución para la escasez de agua dulce en la isla, conjuntamente a éste, se construyeron filtros para remover sustancias contaminantes que pueda presentar el agua subterránea. A pesar de incorporar estos sistemas, el agua resultante aún no es potable, debido a la presencia de sales que no tienen el tratamiento adecuado, además de otros componentes que influyen en la calidad del agua. Por esta razón esta alternativa es poco eficiente en cuanto al suministro de este recurso vital.

En el caso de que no se busquen alternativas tendientes a asegurar la continuidad, cobertura, regularidad y calidad del servicio de agua potable en la isla Jambelí, el sistema actual seguirá siendo insuficiente. Asimismo la falta de una tecnología de desinfección y desalinización del agua captada afectará no solo a la economía de los habitantes sino también a su salud. La calidad de agua recibida en la isla no cumple con los estándares establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 correspondiente a los requisitos del Agua Potable, por lo que su consumo trae consigo una serie de enfermedades infecciosas y parasitarias.

Además la falta de un sistema confiable de provisión de agua potable de buena calidad no solo afecta al desarrollo de los residentes de Jambelí sino que también atentan contra el turismo, ya que se convierten en un limitante para las personas que visitan la isla.

A pesar de que hay agua disponible para consumo humano proveniente de su comercialización en los puertos o ciudades más cercanas, la capacidad de abastecimiento no es suficiente para temporadas de afluencia turística alta, en donde se requiere un abastecimiento óptimo y eficaz de agua potable.

Es por ello que la alternativa de desalinización del agua de mar o agua salobre proveniente de un pozo para el consumo humano se presenta como una propuesta de solución permanente al suministro de agua, de tal forma que pueda ofrecer un servicio que satisfaga las expectativas de los usuarios en cuanto a calidad, cantidad, oportunidad y precio.

El presente proyecto de investigación se realizará en la Isla Jambelí, Cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro. La Isla se abastece de agua mediante un pozo de captación de agua subterránea de 150 m. Dicho pozo fue construido hace aproximadamente 25 años pero en la actualidad presenta una serie de problemas técnicos debido a la falta de mantenimiento.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una alternativa técnica viable basada en el mejoramiento de la calidad del agua captada por el pozo profundo existente para lograr un óptimo abastecimiento a los habitantes de la Isla Jambelí del Cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son:

- Evaluar las características y el rendimiento del actual sistema de captación de agua subterránea mediante pozo profundo en la isla Jambelí.

- Analizar los elementos que integran el sistema de tratamiento del agua abastecida a la comunidad.

- Proponer alternativas que se adapten a la realidad del sitio y que permitan solucionar los problemas que existen en el actual sistema de abastecimiento de agua.

- Elaborar un análisis de la alternativa más factible y beneficiosa para los habitantes de la isla.

- Establecer los parámetros para la incorporación de una planta de desalinización que responda a los problemas de la calidad del agua para consumo humano.

- Diseñar un tratamiento de desalinización que se adecúe con las características del sistema de suministro actualmente empleado y con las condiciones del medio.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO TÉCNICO

Durante años, el suministro de agua potable en Jambelí ha sido un tema muy controvertido debido a su poca accesibilidad, a pesar de ser un factor determinante en el desarrollo socioeconómico de una comunidad. Al tratarse de una isla, las fuentes de agua dulce son limitadas, por lo que las pocas existentes deben ser utilizadas de la manera más adecuada.

La accesibilidad del agua no garantiza su calidad. Al estar en contacto con contaminantes naturales o producidos por el hombre el agua pierde su pureza, por lo que es indispensable que se someta a un pretratamiento antes de ser destinada al consumo humano.

El agua potable, al ser un recurso de gran importancia en la cotidianidad del ser humano, debe ser suministrada de forma continua mediante sistemas factibles adaptados a las condiciones del sitio y a las necesidades de una comunidad.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable implementados en los últimos años en la isla Jambelí no han tenido éxito debido a la falta de estudios, infraestructura o tecnologías apropiadas que garanticen la dotación del líquido a la isla. En muchos casos estos sistemas no han considerado todas las variables que puedan interferir en el proceso de provisión del agua, por lo que su funcionamiento ha colapsado. En Jambelí existe un pozo profundo de captación de agua de aproximadamente 150 m de profundidad, cuenta con una cisterna en mal estado, un tanque elevado de hormigón, un sistema de aireación metálico de ocho bandejas. Además presenta ablandadores con resina y filtros de grava y arena sin operar, el caudal del pozo es de 3.79 l/seg.

En la actualidad, el pozo profundo presenta problemas técnicos debido a la falta de mantenimiento desde hace aproximadamente 10 años. Además el agua captada, a pesar de ser tratada mediante un sistema de aireación, aún presenta sales y otros elementos contaminantes que la hacen perjudicial para el consumo humano. Por esta razón es utilizada únicamente para el aseo y riego. Al no poseer los mecanismos apropiados para el abastecimiento de agua potable de calidad, los habitantes de Jambelí acuden a otras alternativas para su dotación como es la compra en los puertos vecinos, lo que resulta una solución costosa y poco viable.

Atendiendo a lo anterior, es necesario buscar nuevas opciones que permitan enfrentar la falta de agua potable en el lugar. El desarrollo del presente proyecto técnico está encaminado a responder a esta necesidad. Mediante la implementación de un mecanismo de desalinización, incorporado al sistema de captación de agua por pozo, se pretende solucionar los problemas de suministro de agua potable de calidad que afectan a la isla Jambelí.

La puesta en marcha de un proyecto de este tipo, permitiría impulsar el manejo sustentable de este recurso, participando en el crecimiento y desarrollo económico de la zona y aportando al proceso tecnológico del sector hidráulico. Es en virtud de esto que este proyecto responde a las expectativas tanto de la comunidad local como también de visitantes, mejorando así la actividad turística y económica de la isla y por ende, de la provincia.

CAPÍTULO II.
ESTUDIOS DE FACTIBIIDAD DE LA ALTERNATIVA SOLUCIÓN ADOPTADA

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

La definición de las diferentes alternativas que representen soluciones técnicas para el problema de salinidad del agua abastecida por el pozo profundo existente en la isla Jambelí se realizó a partir de la revisión de artículos científicos y documentos publicados en revistas indexadas en donde se presentan diversas experiencias acerca de la desalinización del agua alrededor del mundo.

La desalinización es un proceso que se ha desarrollado a través de los años en países en donde las fuentes de abastecimiento de agua dulce son escasas o difíciles de explotar. Este proceso consiste en la separación de los componentes que producen la salinidad en el agua de mar o agua salobre, dando como resultado agua con una concentración de sales óptima para el consumo humano.

Con el objetivo de establecer la alternativa de desalinización más factible se realizó un análisis de los métodos más empleados. Se compararon sus ventajas y desventajas en cuanto a su producción, consumo energético y costo. Los procesos estudiados son: Ósmosis Inversa, Electrodiálisis, Destilación por Múltiple efecto (MED), Evaporación Instantánea Multietapa (MSF) y Destilación por Energía Solar[1].

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de los diferentes proceso de Desalinización

Procesos	Ventajas	Desventajas
Osmosis Inversa	Consiste en un proceso de membranas simple para la desalinización de agua de mar y agua salobre. Las plantas que emplean esta tecnología tienen una alta tasa de producción.	Se requiere de limpiezas de membrana constantes para asegurar un rendimiento eficaz. El agua de alimentación requiere de un pretratamiento que elimine partículas contaminantes y prolongar así la vida de la membrana.
Electrodiálisis	Se vale de corrientes eléctricas para forzar la disolución de sales mediante membranas. Así como la ósmosis inversa, este proceso también utiliza membranas para separar las sales.	Este método únicamente es aplicable para agua salobre. Presenta un gran consumo de energía.
Destilación por Múltiple efecto (MED)	Lleva a cabo el proceso de vaporización mediante cámaras de baja presión. El calor puede ser reutilizado en las diferentes etapas del proceso.	El mantenimiento de la maquinaria es costoso. El residuo resultante de este proceso posee un alto contenido mineral, los cuales requieren un manejo especial.

Tabla 2. Cont.

Evaporación Instantánea Multietapa (MSF)	Puede ser aplicado en proyectos de mediana o gran escala. Entre mayor sea el número de etapas del proceso, mayor es la eficiencia de sus resultados.	Se considera como un proceso muy costoso. Requiere de grandes espacios, capital y mantenimiento a medida que aumenten las etapas del proceso.
Solar stills destilation	Utiliza una fuente de energía natural como es la solar para evaporar el agua salada. Obtiene agua pura capturando el vapor de agua condesado.	Aplicado principalmente en procesos de menor escala debido a su simplicidad e independencia. Su desempeño depende principalmente de los factores climáticos del sitio.

A partir de este cuadro comparativo se pudo determinar las características de los diferentes métodos de desalinización. Cada uno de ellos presenta un número de ventajas y desventajas que deben ser consideradas en el momento de escoger la mejor alternativa que se adapte al problema principal del proyecto.

2.1.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Se analizaron diferentes alternativas de desalinización aplicadas alrededor del mundo, las cuales adoptan diversos métodos que dependen del diseño, la fuente de energía y la producción del sistema. Otra variable a considerar en la elección de la alternativa adecuada son las características del lugar en donde se implementará la tecnología de desalinización, así como también los recursos disponibles para la misma.

A continuación se presentan un grupo de alternativas desarrolladas en diferentes países en donde los procesos de desalinización se convirtieron en una respuesta a la escasez de agua dulce. La caracterización de cada alternativa se realizó mediante la lectura comprensiva de literatura referente al tema, en donde se exponen las metodologías creadas, además de las configuraciones de procedimientos propuestos y demás requerimientos para la implementación de las técnicas consideradas.

- **Plantas de Desalinización por Ósmosis Inversa basado en diseños de "cascada"** [7,19].

La planta de Desalinización de agua de mar en Ascalón, Israel, implementó un sistema de ósmosis inversa mediante un diseño de "cascada" que consiste en el tratamiento por cuatro etapas: La primera y segunda etapa consiste en un sistema convencional de ósmosis inversa. La tercera y cuarta etapa, cada una con dos etapas adicionales, trata la salmuera producida en las etapas anteriores para lograr una mayor tasa de recuperación.

Tabla 3. Características de la Planta de desalinización en Ascalón

CARACTERÍSTICAS	
Producción	133 millones de m³/año
Costo del agua producida	0.53 US$/m³.
Captación de agua	Toma abierta de agua de mar
Pretratamiento	• Filtros de gravedad (cuarzo y antracita) • Adición de floculantes • Cloración/dicloración • Filtros de cartucho
Osmosis Inversa	Membranas SW30HRLE-400 FilmTec
Post tratamiento	• Remineralización • Ajuste de alcalinidad, dureza y pH

Otro caso en donde se implementa el diseño de "cascada" es en la Planta Desalinizadora situada en la central nuclear de Orot Rabin en Hadera, Israel. Esta planta está compuesta por: Un centro de bombeo, trenes de membranas de ósmosis inversa, centros de recuperación de energía, además del tratamiento de boro en cascada y otras tecnologías que disminuyen las demandas de energía de la planta y aumenta la tasa de recuperación del proceso.

Tabla 4. Características de la Planta de desalinización en Orot Rabin

CARACTERÍSTICAS	
Producción	146 millones de m^3/año
Fuente de alimentación	Agua de mar
Pretratamiento	• Floculación • Filtración dual media (DMF) • Filtros de cartucho
Osmosis Inversa	Aproximadamente 40.000 elementos de membrana de agua de mar DOW Filmtec.
Post tratamiento	• Ajuste de alcalinidad, dureza y pH

- **Plantas de Desalinización por Ósmosis Inversa con sistemas de pretratamiento convencionales**[9,6].

En plantas de desalinización en donde el agua de alimentación no representa mayor riesgo para el funcionamiento de las membranas de ósmosis inversa se opta por el desarrollo de sistemas de pretratamientos habituales. A continuación se presenta un modelo de diseño de una planta de desalinización convencional:

Tabla 5. Modelo de un proceso de desalinización convencional

MODELO DE DISEÑO	
Producción	500 m³/día
Fuente de alimentación	Agua de mar
Pretratamiento	• Acidificación • Desinfección • Coagulación • Antiincrustación • Decloración • Filtros de arena y Filtros de Cartucho.

Tabla 5. Cont.

Osmosis Inversa	Batería de cinco módulos de seis membranas FYLMTEC® SW30HR-380 (espiral de la casa Dow Chemical) cada uno.
Post tratamiento	• Aireación • Alcalinización • Desinfección • Pasivación

Un ejemplo de diseño convencional es la planta de desalinización Wadi Ma'in, Zara y Mujib ubicada en Jordania, que tiene una alta tasa de recuperación (entre el 85% y el 90%), la misma que fluctúa dependiendo del contenido de sílice, sólidos disueltos totales (TDS), y temperatura en el agua de la fuente.

Tabla 6. Características de la Planta de Desalinización Wadi Ma'in, Zara y Mujib

CARACTERÍSTICAS	
Producción	55 millones de metros cúbicos por año
Fuente de alimentación	Agua salobre (salinidad de 1500 a 2000 mg/l)
Pretratamiento	• Coagulación • Sedimentación • Filtración de agua
Osmosis Inversa	Nueve unidades de OI, cada una con un tipo de Membrana en Espiral de 400 m2. Tipo 1: BW30-400FR. Tipo 2: LE-400

- **Diseños que combinan tecnologías de desalinización**[8].

La planta de desalinización ubicada en la ciudad de San Juan Despí, España, utiliza un tratamiento que combina los procesos de ultrafiltración con la osmosis inversa con el fin de eliminar elementos orgánicos e inorgánicos implicados en la formación de trihalometanos (subproductos de la desinfección).

Tabla 7. Características de la Planta de Desalinización en San Juan Despí

CARACTERÍSTICAS	
Tasa de recuperación	90%
Fuente de alimentación	Agua salobre
Pretratamiento	• Acidificación con ácido sulfúrico (previo a la ultrafiltración) • Radiación ultravioleta, adición de reactivos, filtrado de cartucho (previo a la OI)
Ultrafiltración	Membranas que operan bajo el agua distribuida en nueve cámaras
Ósmosis Inversa	Tres fases mediante bombeo de alta presión
Post tratamiento	Remineralización mediante filtros de calcita

- **Métodos de desalinización a pequeña y a gran escala**[10,21].

En lugares en donde el acceso al agua dulce es limitado como la Franja de Gaza, la implementación de tecnologías de desalinización es común, las mismas que van desde

pequeña escala adaptadas para uso doméstico hasta grandes plantas que abastecen a amplias poblaciones.

Tabla 8. Tecnologías de desalinización en la Franja de Gaza

CARACTERÍSTICAS	
Procesos de desalinización utilizados	• Ósmosis Inversa • Destilación • Intercambio iónico • Procesos Térmicos
Fuente de alimentación	Desde agua de mar hasta aguas salobres
Plantas de desalinización gubernamentales	Siete grandes proyectos con producciones desde 45 m^3/h hasta 2000 m^3/h
Plantas de desalinización no gubernamentales	La planta desaladora El-Khayriya produce entre 8 a 15 m^3/día.
Plantas de desalinización privadas	Nueve plantas pequeñas de desalinización por OI cuya producción es de 8 a 100 m^3/día
Unidades domésticas	Unidades de OI para desalinizar agua proveniente de un sistema de abastecimiento. Su producción es de 20 l/día.

Un caso adicional que se puede citar es el de las plantas desalinizadoras en Israel, que, conjuntamente con los sistemas domésticos, se convierten en una alternativa viable para la producción de agua dulce en diferentes lugares de este país.

Tabla 9. Unidades de desalinización en Israel

CARACTERÍSTICAS	
Procesos de desalinización utilizados	Ósmosis Inversa
Fuente de alimentación	Desde agua de mar hasta aguas salobres
Unidades Grandes	Alimentadas por 15- 20 pozos de agua salobre, tienen una producción entre 5000-10000 m^3/día.
Unidades de tamaños medianos	El agua de alimentación proviene de un solo pozo de agua salobre. Su producción es de 1200 m^3/día.
Unidades de tamaños pequeños	Empleadas para mejorar la calidad del agua en lugares donde las fuentes de alimentación son de baja calidad. Producen entre 20-500 m^3/día.

- **Sistemas de desalinización por Ósmosis Inversa que implementan innovaciones en el pretratamiento**[11,15,17].

Las características del pretratamiento adoptado en las diferentes plantas dependen principalmente de la calidad del agua de alimentación, además del método seleccionado para la desalinización. En el estado de Baréin se presentan dos casos de plantas desaladoras con pretratamientos innovadores.

Tabla 10. Características de la Planta desalinizadora en Addur, Baréin

CARACTERÍSTICAS	
Producción	10 migd (millones de galones imperiales por día)
Fuente de alimentación	Agua de mar (TDS de 45000 mg/l)
Pretratamiento	• Unidad de generación de hipoclorito para controlar el ensuciamiento biológico producido en las membranas de OI. • Prefiltración (dosificación de ácido sulfúrico, cloruro férrico y poli electrólitos) • Filtros de cartucho • Decloración mediante bisulfito de sodio

Tabla 11. Características de la Planta desalinizadora en Ras Abu Jarjur, Baréin

CARACTERÍSTICAS	
Producción	10 migd (millones de galones imperiales por día)
Fuente de alimentación	Agua salobre de pozo (TDS de 12100 mg/l)
Pretratamiento	• Filtros medios duales • Filtros de carbón activado • Dosificación de ácido sulfúrico y un inhibidor de incrustaciones de carbonato y sulfato.

Otro caso en donde se utilizan sistemas de desalinización con pretratamientos particulares es el de las plantas de las Islas Canarias, España, que representan el 38% de capacidad total instalada en el país.

Tabla 12. Características de desalinización en las Islas Canarias

CARACTERÍSTICAS	
Producción	Entre 500 y 15000 m^3/día
Pretratamiento	• Dosificación de ácido sulfúrico • Coagulación (Cloruro Férrico) • Dosificación de hipoclorito sódico • Filtros de arena • Dosificación de bisulfito sódico • Dispersante (Hexametafosfato sódico) • Filtros de Cartucho
Post tratamiento	• Ajuste de pH mediante la dosificación de hidróxido de calcio • Dosificación de hipoclorito

En la planta de desalinización de Palmachin, Israel, también utiliza un pretratamiento poco convencional, además presenta otras innovaciones que permiten reducir el costo de energía y el consumo de productos químicos, logrando así un sistema más viable.

Tabla 13. Características de la planta de desalinización en Palmachin

CARACTERÍSTICAS	
Producción	300000 m^3/día
Pretratamiento	• Filtración de malla gruesa • Filtración multimedia de lecho profundo (a gravedad y presurizado) • Microfiltración de Cartucho • Ablandadores de intercambio iónico
Ósmosis Inversa	• Trenes paralelos independientes de Ósmosis Inversa

Tabla 13. Cont.

Post tratamiento	• Reenduremiento • Ajuste de pH • Cloración

- **Desarrollo de sistemas de desalinización para uso doméstico**[12,13].

En los últimos años se han desarrollado prototipos a escala doméstica de técnicas de desalinización con el fin de adaptar esta tecnología a los sistemas de abastecimiento de agua con los que cuentan actualmente ciertas poblaciones del mundo. Tal es el caso del diseño prospectivo desarrollado por el Maulana Azad National Institute of Technology en Bhopal, India, el cual fue puesto en marcha para analizar las características del agua producto y así establecer su factibilidad.

Tabla 14. Diseño prospectivo desarrollado en Bhopal

CARACTERÍSTICAS	
Fuente de alimentación	Agua de grifo
Pretratamiento	• Filtro cilíndrico de plástico (v1) • Recipiente con carbón activado (v2) • Membrana cilíndrica ubicada en el fondo de v2
Ósmosis Inversa	• La presión osmótica es impulsada por un pistón (p1) activado mediante engranajes (g1 y g2). • El agua es empujada hacia una membrana espiral de fibra tubular hueca (M) que se encuentra en el recipiente (v4)
Funcionamiento	El agua de grifo entra en el recipiente v1 y después de obtener una cantidad filtrada se traslada a v2 a través de una tubería. El agua pasa por el carbón activado, para luego ser llevada al recipiente v3, desde el cual se suministra al cilindro c1. El pistón ubicado en este cilindro presuriza al agua contra M, logrando así que el agua pura llegue a v4, mientras que la salinidad permanece en el interior de la membrana M.

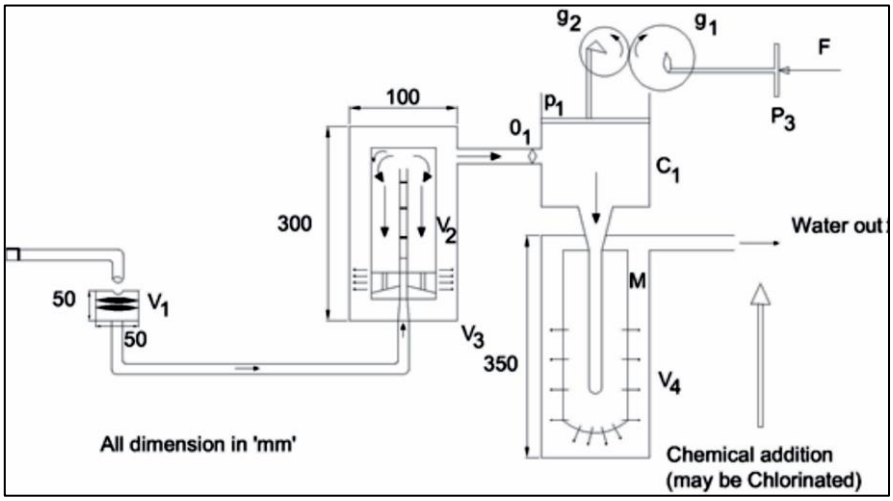


Gráfico 2. Prototipo de desalinización a escala doméstica (Dixit S., Baredar P., Dixit G. Año 2009)

En países desarrollados cercanos al mar, las tecnologías de desalinización han tenido un crecimiento acelerado hasta el punto en que es común aplicar dispositivos de desalinización a escala doméstica. Ejemplo de ello es Túnez, en donde la mayoría de hogares utiliza unidades de ósmosis inversa para desalar agua de grifo.

Tabla 15. Características de una Unidad de Ósmosis Inversa utilizada en Túnez

CARACTERÍSTICAS	
Producción	10 - 15 l/h
Tasa de recuperación	25 – 40%
Pretratamiento	• Filtro de cartucho • Filtro de carbón granular activado • Filtro de cartucho de 5 μm
Osmosis Inversa	Presión máxima de bombeo de 6 bares
Post tratamiento	• Módulos UV • Módulos de carbón activado

- **Plantas de desalinización que utilizan nuevas tecnologías como fuente de energía**[14,20,24].

En países como Singapur se han desarrollado sistemas de desalinización que se adaptan a sus características naturales, logrando así implementar una nueva metodología que aprovecha los recursos geotérmicos del lugar como fuente de energía. Para analizar los resultados de esta nueva tecnología se ha simulado el diseño de una planta desalinizadora que aprovecha el flujo del Sembawang hot spring como fuente de abastecimiento.

Tabla 16. Características de la Planta desalinizadora por Energía Geotérmica en Singapur

CARÁCTERÍSTICAS	
Producción	660 m^3/día
Fuente de alimentación	Agua subterránea geotérmicamente calentada
Método de desalinización	Desalinización por adsorción/desorción
Fuente de energía	Energía geotérmica
Funcionamiento	El sistema consiste en un circuito cerrado formado por un evaporador y un condensador. El vapor de agua es adsorbido en un lecho del reactor que contiene gel sílice insaturado, el mismo que a su vez genera calor. Una vez saturado el lecho, se cierra la válvula del gas del evaporador y se abre la del condensador. Se suministra agua caliente para calentar los lechos del reactor y generar vapor del agua contenida en el gel de sílice. El vapor se condensa dando agua destilada. Este circuito es muy eficiente en la recuperación de calor.

Otro ejemplo del uso de tecnologías innovadoras acopladas a los procesos de desalinización es la Ósmosis Inversa mediante Energía Solar Fotovoltaica, aplicada en regiones con fuertes radiaciones solares que utilizan el agua desalada como fuente para consumo. En la Villa La Mancalona en Yucatán, México, se desarrolló un sistema con estas características.

Tabla 17. Características de desalinización por Energía Solar Fotovoltaica en México

CARACTERÍSTICAS	
Producción	100 l/día
Fuente de alimentación	Agua salobre
Método de desalinización	Ósmosis Inversa
Fuente de energía	Energía eléctrica generada por energía solar fotovoltaica
Pre y Post tratamiento	• Microfiltración • Desinfección con lámparas UV

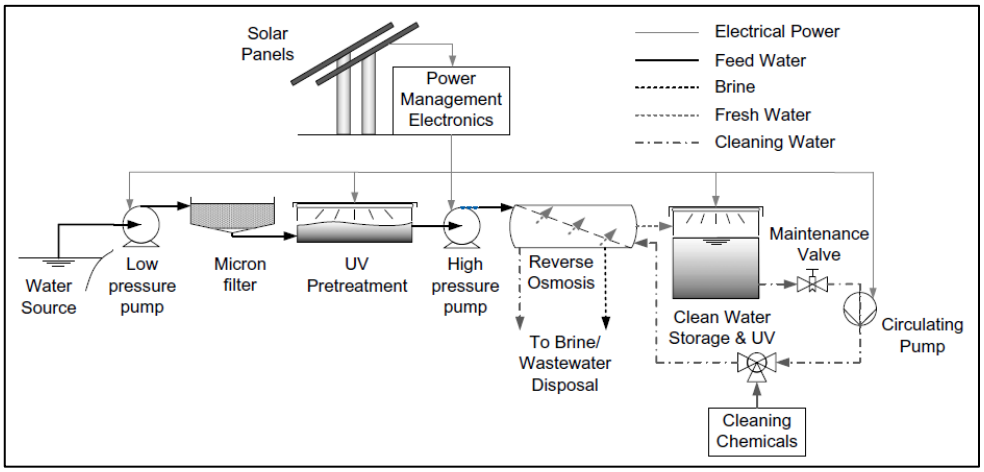


Gráfico 3. Sistema de desalinización mediante Energía Solar Fotovoltaica (Dixit S., Baredar P., Dixit G. Año 2009)

En regiones de climas cálidos, como el Norte de África, Oriente Medio, América Central y el Sur de China, también se han llevado a cabo diseños de unidades de desalinización que utilizan fuentes solares para el abastecimiento de energía. Estas unidades se basan en el método de Destilación por Múltiple Efecto (MED) para obtener agua dulce apta para el consumo.

Tabla 18. Características de una Planta de Destilación Múltiple Efecto

CARACTERÍSTICAS	
Producción	2500 l/día
Fuente de alimentación	Desde agua de mar hasta agua subterránea
Método de desalinización	Destilación por Múltiple Efecto (MED)
Fuente de energía	Energía solar térmica
Componentes de la Unidad de Desalinización	• Sub-unidad de energía solar térmica • Sub-unidad de acumulación de calor • Sub-unidad de desalinización
Sub-unidad de energía solar térmica	Capta la radiación solar para proporcionar vapor de agua y poner en funcionamiento la sub-unidad de desalación. Está formado por colectores solares de tubos de acero inoxidable.
Sub-unidad de acumulación de calor	Formada por un tanque presurizado que contiene agua destilada, la misma que es calentada por una parte del vapor generado en la sub-unidad anterior.

Tabla 18. Cont.

Sub-unidad de desalinización	Sus partes principales son 15 efectos conectados en serie en cuatro proveedores verticales. El vapor producido en la sub-unidad de energía se condensa en el condensador del primer efecto, y el producto de esto regresa a los colectores solares. Utilizando la energía de condensación, la siguiente porción de vapor de agua se produce en el evaporador del primer efecto, la misma que ingresa en el segundo efecto y se condensa y así sucesivamente.

- **Tecnologías de desalinización que incorporan diseños particulares en la emisión del agua de rechazo**[16].

La planta de desalinización Adelaide ubicada en Australia, además de incorporar mejoras en la producción de energía, presenta un sistema de emisión del agua de rechazo que minimiza el impacto que ésta puede producir en el medio ambiente marino ya que incorpora un difusor que logra que el agua rechazada sea dispersada logrando una menor concentración de sales en el medio.

Tabla 19. Características de la planta de desalinización Adelaide

CARACTERÍSTICAS	
Producción	300 Ml/día
Fuente de alimentación	Agua de mar
Fuente de energía	Energías renovables mediante el uso de turbinas y celdas solares.
Emisario del agua de rechazo	Túnel submarino de 1.2 km de largo que presenta seis bandas en la parte final, cada una con cuatro válvulas denominadas pico de pato que permiten la rápida dispersión de la concentración de la solución marina generado como producto del proceso de desalinización.

- **Diseños basados en métodos alternos para la desalinización de agua**[22,23].

Existen plantas que no optan por la ósmosis inversa como proceso de desalinización, por lo que incorporan nuevos métodos que se adaptan mejor a las condiciones existentes, logrando así resultados más eficientes. Ejemplo de ello es la planta de la Estación de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP) del Llobregat en Abrera, España, que emplea el método de electrodiálisis reversible (EDR) para la desalinización del agua.

Tabla 20. Características de la Planta de desalinización de la ETAP

CARACTERÍSTICAS	
Producción	2.2 m^3/s
Método de desalinización	Electrodiálisis reversible (EDR)
Rendimiento Hidráulico	Mayor al 90%
Fuente de alimentación	Aguas superficiales salobres
Pretratamiento	Filtración por carbón activo granular

Tabla 20. Cont.

Funcionamiento	La planta está formada por nueve módulos independientes que procesan el agua luego del pretratamiento.
Post tratamiento	Remineralización con Hidróxido de calcio y CO2

Alrededor del mundo se han realizado proyectos a escala piloto para poner a prueba los diferentes métodos de desalinización, tal es el caso del diseño de un destilador solar tubular (DST) desarrollado en el Estado Zulia, Venezuela. A partir de este prototipo se pudo analizar si el sistema es factible para implementarlo a gran escala en comunidades con problemas de escasez de agua dulce y que cuenten con potenciales fuentes de energía solar.

Tabla 21. Características de un Prototipo de Destilador Solar Tubular

CARACTERÍSTICAS	
Producción	68- 246 ml/día
Método de desalinización	Destilación solar
Fuente de alimentación	Agua sintética elaborada en laboratorio con concentraciones de 3000, 10000 y 30000 mg/l de cloruros.
Funcionamiento	El agua a destilar es colocada en una canaleta en donde recibe la radiación solar a través de un tubo de vinilo transparente. El agua producida es recogida al extremo de este tubo. Al final de la canaleta se incorporaron semicírculos de PVC transparente, uno de ellos fue perforado para acoplar una manguera para el rechazo de la salmuera concentrada. Para el funcionamiento adecuado del sistema se implementó un tanque de almacenamiento para alimentación del destilador, una bomba para transportar el agua desde el tanque al destilador y un regulador del flujo de entrada.
Eficiencia	Se logró remociones de cloruros y TDS de hasta 99%

- **Desalinización por Ósmosis Inversa con modificaciones en el agua producto**[18].

La planta de desalinización ubicada al norte del Sahara Argelino utiliza el método de ósmosis inversa para obtener agua dulce, para dicho efecto se produce una mezcla entre agua proveniente de un enorme acuífero geotérmico y del agua producida por el proceso de desalinización.

Tabla 22. Características de la planta de desalinización en el Sahara Argelino

CARACTERÍSTICAS	
Producción	10000 m^3/día (3500 m^3/día de agua desalada y 6500 m^3/día de agua del acuífero sin tratar)
Relación de mezcla	65/35 (agua de acuífero/agua desalada)
Tasa de recuperación	50%
Fuente de alimentación	Agua salobre proveniente de un acuífero geotérmico
Ósmosis inversa	Tren de membranas de Filmtec similares al modelo XLE-250.
Post tratamiento	Ajuste del pH mediante la adición de cal

2.2 PREFACTIBILIDAD

Una vez establecido un grupo de alternativas presentadas para resolver los problemas de salinidad de las fuentes de abastecimiento alrededor del mundo, se puede realizar una preselección de conceptos que se adapten a la realidad del proyecto en desarrollo. Para ello se ha realizado un análisis comparativo entre cinco alternativas que podrían representar una solución viable para la comunidad.

Tabla 23. Análisis Comparativo entre las alternativas preseleccionadas

Características	ALTERNATIVA 1. Ósmosis inversa con Pretratamiento Convencional	ALTERNATIVA 2. Diseños que combinan tecnologías de desalinización	ALTERNATIVA 3. Ósmosis Inversa con innovaciones en el pretratamiento	ALTERNATIVA 4. Sistemas de desalinización para uso doméstico	ALTERNATIVA 5. Métodos alternos para la desalinización de agua
Método de desalinización	Ósmosis Inversa	Ultrafiltración con Ósmosis Inversa	Ósmosis Inversa	Ósmosis Inversa	Electrodiálisis Reversible (ER). Destilación Solar (DS).
Producción (m^3/día)	Alta (150000)	Alta	Alta (45000)	Baja (0.48)	ER: Alta (190000) DS: Baja (0.000246)
Fuente de alimentación	Agua salobre/ Agua de mar	Agua salobre	Agua de mar/ Agua salobre	Agua de grifo	Agua salobre
Fuente de energía	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	ER: Eléctrica DS: Solar
Costos de Instalación	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto
Pretratamiento	• Filtración de agua • Desinfección • Coagulación • Antiincrustación • Decloración	• Acidificación • Radiación ultravioleta • Adición de reactivos • Filtrado de cartucho	• Unidad de generación de hipoclorito. • Filtración multimedia de lecho profundo. • Dosificación de ácido sulfúrico y un inhibidor de incrustaciones • Dispersante (Hexametafosfato sódico) • Microfiltración de Cartucho • Ablandadores de intercambio iónico	• Filtro de cartucho • Filtro de carbón activado	• ER: Filtro de carbón activado • DS: No requiere pretratamiento

Tabla 23. Cont

Post tratamiento	• Remineralización • Alcalinización	• Filtros de calcita	• Reendurecimiento • Ajuste de pH • Cloración	• Módulos UV • Módulos de carbón activado	• ER: Remineralización • DS: No se implementa sistemas de post tratamiento
Ventajas	Sistemas económicos ya que no requieren de tecnologías especiales para el pretratamiento del agua.	Al combinar dos tipos de tecnología el proceso de desalinización es más eficiente	Puede ser adaptado a fuentes de agua de alimentación de diferentes características de calidad (buena a pobre)	Uso práctico y facilidad de instalación.	ER: Sistema innovador con mayor rendimiento hidráulico. DS: Proceso económico ya que no requiere de pre ni post tratamiento
Desventajas	El agua de alimentación no debe presentar exceso de contaminantes orgánicos e inorgánicos.	El costo de instalación es alto ya que requiere de una tecnología adicional	El costo del sistema de pretratamiento aumenta cuanto peor es la calidad del agua de alimentación	Su costo es considerable para hogares de clase media. Trata agua con poca concentración de sales.	ER: Únicamente puede ser utilizado para desalinizar agua salobre. Es un proceso costoso. DS: Su producción es muy baja por lo que no podría ser desarrollado a gran escala.

A partir de este análisis se pudo determinar las características de cada alternativa así como también sus ventajas y desventajas. Se puede observar que el funcionamiento y costo de producción están condicionados por la calidad de agua que se someterá al proceso de desalinización.

Alternativas como la desalinización por métodos alternos o que combinan tecnologías no resultan factibles debido a su costo de instalación y mantenimiento, además de la limitación que presentan en cuanto al agua de alimentación se refiere. Estos sistemas resultan más costosos a medida que la concentración de salinidad del agua a tratar es mayor, por lo cual no son considerados para el desarrollo del presente proyecto.

Otra opción que debe ser excluida es la utilización de unidades domésticas de desalinización ya que la población de la Isla Jambelí cuenta con un nivel socioeconómico medio-bajo por lo que el acceso a estos dispositivos les resultaría costoso. Además estas unidades procesan agua de baja salinidad, por este motivo no son recomendables para tratar el agua de pozo suministrada a los hogares de la isla ya que esta contiene altas concentraciones de sales.

Luego de acoplar cada alternativa al entorno en donde se desarrolla el proyecto se puede concluir que la alternativa más apropiada para resolver el problema de salinidad del agua del pozo profundo en la Isla Jambelí consiste en el tratamiento mediante un sistema de desalinización por Ósmosis Inversa que implemente un pre tratamiento innovador acorde a las características del agua a tratar, con el objetivo de obtener un producto con parámetros de calidad óptimos para el consumo humano.

2.3 FACTIBILIDAD

Para determinar la factibilidad de la alternativa de desalinización seleccionada se estudia su viabilidad económica mediante la estimación de los costos de instalación y compra de equipos, los costos de construcción de obra civil y los costos de explotación. Una vez analizados estos aspectos se establecerá el costo anual de producción del m^3 del agua tratada mediante la propuesta escogida y se realizará la comparación con el costo actual del m^3 de agua producida por el sistema actual.

2.3.1 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN

La alternativa seleccionada consiste en un sistema de desalinización por ósmosis inversa que implementa un pretratamiento innovador basado en microfiltración y filtración multimedia. Las características de este sistema se detallan a continuación:

- Producción prevista de agua: 327.52 m^3/día
- Temperatura del agua de alimentación: 19.8°C
- pH del agua de alimentación: 8.34
- Salinidad del agua de alimentación: 2820 mg/l
- Salinidad del agua producto: <500 mg/l
- Factor de conversión: 40%
- Número de etapas: 1
- Días de funcionamiento: 350 días/año
- Se ha considerado un plazo de amortización de 20 años.

2.3.2 COSTOS DE INVERSIÓN

En esta etapa se consideran los costos de la obra civil para el almacenamiento del agua tratada (cisterna y tanque elevado) y protección de los sistemas de desalinización (cerramiento), así como también el costo de los equipos que forman parte de dicho sistema. Los costos de la obra civil suman un total de OCHENTA MIL DÓLARES ($80000) y los de los equipos un total de TRESCIENTOS MIL DÓLARES ($300000), dando como resultado un total de inversión de TRESCIENTOS OCHENTA MIL DÓLARES ($380000). Se consideró un periodo de amortización de 20 años, resultando en una amortización de la inversión de **DIESCINUEVE MIL DÓLARES ($19000).**

Tabla 24. Costos de Inversión

Concepto	Repercusión (%)	Costo ($)	Periodo de amortización (años)	Amortización ($/año)
Obra civil	21	80000.00	20	4000.00
Equipos	79	300000.00	20	15000.00
TOTAL	100	380000.00	20	**19000.00**

2.3.3 COSTOS DE EXPLOTACIÓN

Los costos de explotación se dividen en dos tipos: los costos fijos y los costos variables.

2.3.3.1 COSTOS FIJOS

Corresponden a aquellos costos que permanecen constantes en el tiempo. En este grupo se consideran gastos de personal, de mantenimiento, entre otros.

Personal

El personal de operación del sistema de desalinización estará conformado por un Jefe de Planta, un Jefe de laboratorio y dos operadores, cuyos salarios fueron estimados de acuerdo al cargo que ocupan.

Tabla 25. Costos de Personal

Personal	Número	Costo Unitario ($/año)	Total ($/año)
Jefe de Planta	1	14400.00	14400.00
Jefe de laboratorio	1	12000.00	12000.00
Operadores	2	9600.00	19200.00
TOTAL	4	36000.00	**45600.00**

Mantenimiento

Los gastos considerados para el mantenimiento se determinaron como un porcentaje de los valores de inversión de la obra civil y equipos, además se consideraron costos adicionales por concepto de reposición de membranas de OI.

Tabla 26. Costos de Mantenimiento

Concepto	Inversión ($)	Mantenimiento (%)		Total ($/año)
Equipos	300000.00	1.0		3000.00
Obra civil	80000.00	0.5		400.00
Concepto	**Número**	**Reposición (%)**	**Costo Unitario**	**Total ($/año)**
Membranas	28	30	10000.00	84000.00
TOTAL				**87400.00**

Resumen de Costos Fijos

El personal de operación del sistema de desalinización representa un costo de CUARENTA Y CINCO MIL SEISCIENTOS DÓLARES ($45600) y el mantenimiento un

costo de OCHENTA Y SIETE MIL CUATROSCIENTOS DÓLARES ($87400) dando como resultado un total de CIENTO TREINTA Y TRES MIL DÓLARES ($133000).

Tabla 27. Resumen de Costos Fijos

Concepto	Costo ($/año)
Personal	45600.00
Mantenimiento	87400.00
TOTAL COSTOS FIJOS	**133000.00**

2.3.3.2 COSTOS VARIABLES

Se consideran como costos variables aquellos que no son constantes a través del tiempo, dependen de factores fluctuantes como el caudal del agua tratado. Entre los costos variables se tienen gastos por energía y por productos químicos.

Energía

Este costo está en función de la energía consumida por las bombas instaladas en la planta. Se estimaron valores basados en el costo del kWh de energía provista por la empresa de servicio eléctrico CNEL EP.

Tabla 28. Costos de Energía

Concepto	Número	P absorida (kW)	t funcionamiento (h)	Consumo Diario (kWh)	Costo unitario ($/kWh)	Costo ($/año)
Bomba de Alta Presión	1	4	24	89.52		
Bomba de Alimentación	1	2	24	53.52		
Bomba de Retrolavado	1	5	24	120.00		
Bomba de Limpieza	1	6	24	134.40		
Bomba de transferencia de producto	1	2	24	36.00		
			SUBTOTAL	433.44		
			Margen de seguridad del 5%	21.67		
			TOTAL	**455.11**	**0.067**	**11129.76**

Productos para el proceso de OI

Se estimaron los costos del suministro de todos los productos químicos necesarios para el funcionamiento adecuado del sistema de desalinización. Para determinar estos costos se realizaron cotizaciones en empresas nacionales proveedoras de estos productos. Estos costos dependen de los precios establecidos por las empresas distribuidoras.

Tabla 29. Costos de Productos

Producto	Costo ($/año)
Suministro de insumos para el sistema de Microfiltración	1361.00
Suministro de insumos para el sistema de filtración complementario	76.00
Suministro de insumos para el sistema de limpieza	2718.00
Suministro de insumos para el sistema de dosificación química	6687.00
TOTAL	**10842.00**

Resumen de Costos Variables

El consumo de energía representa un costo de ONCE MIL CIENTO VEINTE Y NUEVE DOLARES CON SETENTA Y SEIS CENTAVOS ($11129.76) y el suministro de productos para el proceso de OI un costo de DIEZ MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y DOS DÓLARES ($10842), dando un total de costos variables de VEINTIÚN MIL NOVESCIENTOS SETENTA Y UN DÓLARES CON SETENTA Y SEIS CENTAVOS ($21971.76).

Tabla 30. Resumen de Costos Variables

Concepto	Costo ($/año)
Energía	11129.76
Productos para el proceso de OI	10842.00
TOTAL COSTOS FIJOS	**21971.76**

2.3.3.3 RESUMEN DE COSTOS DE EXPLOTACIÓN

Una vez considerados los costos fijos y variables de la fase de explotación así como la amortización anual del proyecto se puede determinar el gasto de explotación anual del sistema de desalinización por OI resultando en un total de CIENTO SETENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS CINCUENTA DÓLARES CON UN CENTAVO ($179350.01)

Tabla 31. Costos de Explotación Anual

Concepto	Costo ($/año)
Personal	45600.00
Mantenimiento	87400.00
TOTAL COSTOS FIJOS	**133000.00**
Energía	11129.76
Productos para el proceso de OI	10842.00
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	**21971.76**
AMORTIZACIÓN ANUAL	**19000.00**
GASTO DE EXPLOTACIÓN ANUAL	**173971.76**

2.3.4 COSTO DEL m^3 DE AGUA TRATADA

Una vez obtenido el gasto de explotación anual que representa el funcionamiento del sistema de desalinización se puede determinar el costo del m^3 del agua producida por este, para lo cual se establece una relación entre el costo de explotación anual y la producción anual del sistema de OI.

Producción anual= 327.52 m^3/día x 365 días = 119544.70 m^3/año
Costos anuales= $173971.76

Costo m^3= Costo anual/ Producción anual = 173971.76/119544.70

Costo m^3= 1.46 \$/ m^3

2.3.5 COSTO ACTUAL DEL m^3 DE AGUA POTABLE EN LA ISLA JAMBELÍ

El sistema de abastecimiento de agua potable en la Isla Jambelí consiste en la captación de aguas subterráneas mediante un pozo profundo de 150 m, esta agua no recibe el tratamiento adecuado por lo que no es de buena calidad y únicamente se utiliza para el aseo y riego. Para el consumo humano se compran bidones con agua y para cocinar, y en algunos casos para aseo, se compran botellones y tanques con agua transportados desde Puerto Bolívar.

Tabla 32. Costo actual del m^3 de agua potable en Jambelí

COSTO POR M^3 DE AGUA		
Fuente	**Capacidad (m^3)**	**Costo**
Tanque	0.20	\$10.00
Bidones	0.02	\$2.00
Botellones	0.02	\$1.50
Total	**0.24**	**\$13.50**

El costo actual por m^3 de agua es de:

Costo actual m^3= Costo total de los sistemas de abastecimiento/Capacidad total

Costo actual m^3= 13.50/0.24

Costo actual m^3= 56.25 \$/ m^3

A este valor se le suma el costo del m^3 de agua producida por el sistema de pozo profundo de la isla:

Costo actual m^3= 56.25 \$/ m^3 + 0.31 \$/ m^3

Costo actual m^3= 56.56 \$/ m^3

2.3.6 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Mediante la comparación del costo del m^3 de agua producida por la alternativa de desalinización y el costo del m^3 de agua abastecida por los medios actuales en la isla Jambelí se puede determinar si el proyecto técnico resulta viable.

Tabla 33. Comparación entre el Costo del agua tratada y el Costo actual

	Sistema de desalinización por Ósmosis Inversa	**Sistema de abastecimiento actual (tanques, bidones, botellones y pozo)**
Costo por m^3 del agua producida ($/$m^3$)	1.46	56.56

Se puede observar que el costo del m^3 del agua producida por el sistema de desalinización es mucho menor que el costo actual del m^3 de agua en la isla por lo que la alternativa propuesta resulta económicamente factible.

2.4 MARCO TEÓRICO

2.4.1 MARCO CONTEXTUAL

El presente proyecto se desarrolla en la Isla Jambelí de la parroquia Jambelí perteneciente al cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, cuyas coordenadas UTM son: 9641581N 605736E

2.4.1.1 DATOS GENERALES DE LA PARROQUIA JAMBELÍ

Tabla 34. Datos de la Parroquia Jambelí

Nombre del GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Jambelí
Fecha de creación de la parroquia	25 de Julio de 1878
Población	1718 habitantes
Extensión	251.9 km^2
Límites	Norte: Océano Pacifico Sur: Arenillas, Huaquillas y Perú Este: Machala y Santa Rosa Oeste: Océano Pacífico
Rango altitudinal	0- 7 msnm

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Jambelí. Año 2015

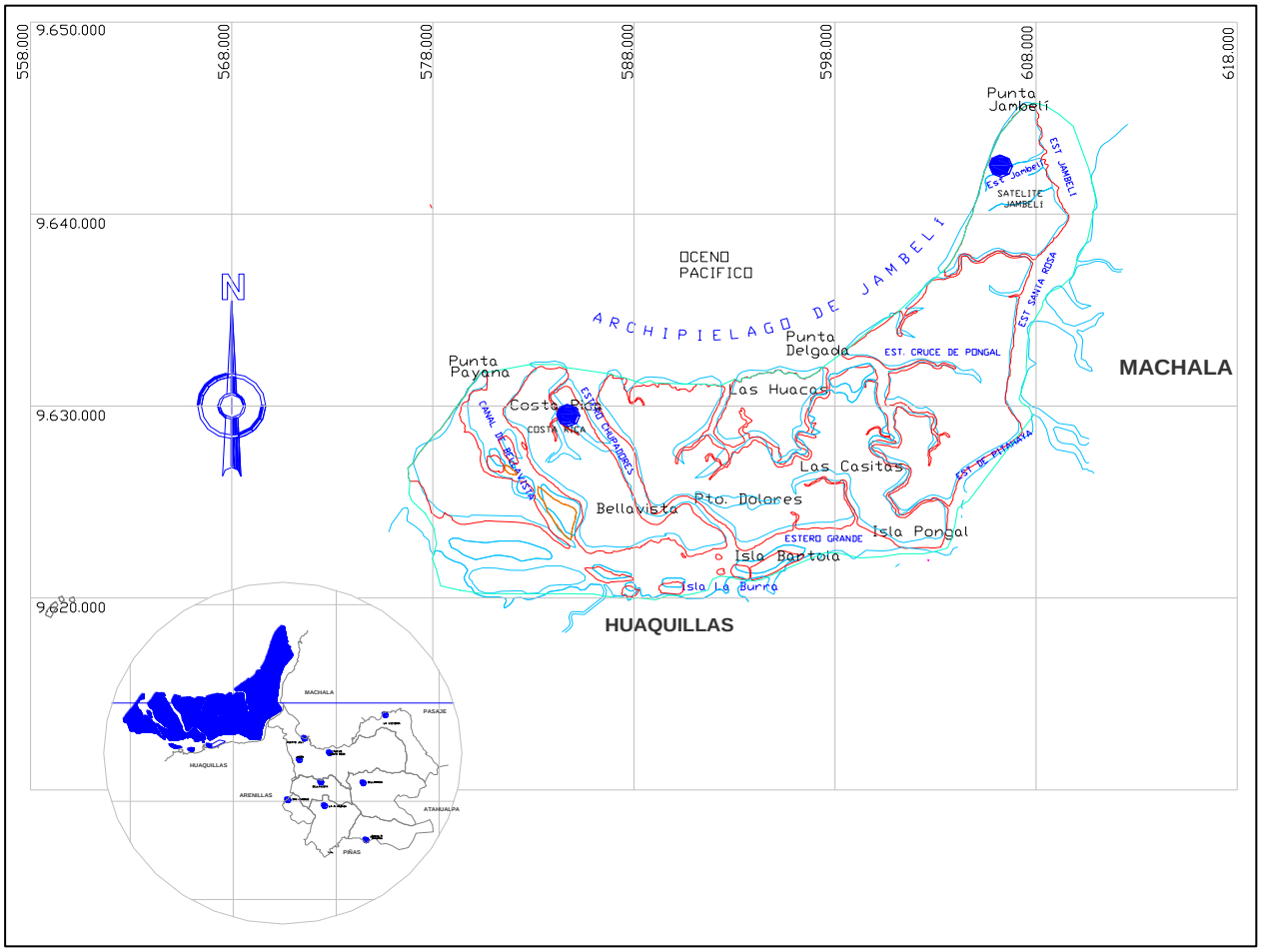


Gráfico 4. Mapa Físico Parroquial de Jambelí (Plan Vial Cantonal 2003. Año 2003)

2.4.1.2 ASPECTOS GEOGRÁFICOS

La parroquia Jambelí cuenta con una extensión aproximada de 251.9 Km^2, ubicada geográficamente al Sur Oeste de la Provincia de El Oro en el Océano Pacífico, es la parroquia con mayor extensión del cantón Santa Rosa.

Está conformada por cinco islas que son: Bellavista, Costa Rica, Las Huacas, Las Casitas y Pongalillo. La cabecera cantonal es la Isla Tembleque, conocida actualmente como Isla Costa Rica, que se encuentra a unos 40 minutos desde Puerto Hualtaco.

La parroquia Jambelí abarca la gran mayoría del archipiélago del mismo nombre, el mismo que se extiende desde la entrada del Estero Santa Rosa hasta la Boca Capones. Las islas que forman parte del Archipiélago de Jambelí están separadas por esteros estrechos. Presenta una flora característica, conformada principalmente por manglares, que se asientan en las orillas de las islas debido a su terreno bajo e inundable.

Accidentes Geográficos

Entre los accidentes geográficos más importantes están los cabos: Punta Payana y Punta Jambelí. Esta última conforma la isla del mismo nombre, que es el lugar donde se desarrollará el presente proyecto.

Además la parroquia Jambelí está formada por un grupo de estrechos como son: Estero Grande, Estero Bellavista, Estero Chupadores, Estero Cruce de Pongal, Estero Las Casitas.

Clima

El clima de la parroquia Jambelí es tropical cálido. Su temperatura promedio anual varía entre los 23 y 26 C°, presentando una precipitación promedia anual inferior a los 200 mm. La corriente de Humbolt en la zona costanera de la parroquia influye en su temperatura y densidad de las lluvias

Suelos

Jambelí posee un suelo salino debido al depósito de sales del agua de mar en forma de pequeñas partículas producido por la brisa de la zona, además de las frecuentes inundaciones que ocasiona el mar. Debido a la presencia importante de manglar, este tipo de suelo abarca casi a la totalidad de las islas.

Las capas del suelo están predominadas por material areno-limoso, de pH neutro, el cual puede variar a fuertemente alcalino o ácido dependiendo de la presencia de sales y de materia orgánica.

Hidrografía

Sistemas hídricos como los ríos Pital que recoge las aguas del río Santa Rosa y el Buenavista; Zarumilla; Arenillas, Motuche y Jubones representan una gran influencia en la hidrografía del Archipiélago de Jambelí.

La parroquia está rodeada por corrientes del Océano Pacífico, que limitan con el Santuario Nacional Manglares de Tumbes del Perú, formando esteros y canales utilizados como vías de transporte desde las islas hacia las ciudades cercanas de la provincia de El Oro.

2.4.1.3 ASPECTOS HISTÓRICOS

En 1860, un año siguiente de creado el cantón Santa Rosa con sus principales parroquias Arenillas, Chacras y Jambelí, la isla Jambelí fue habitada por un grupo de familias establecidas en una pequeña comunidad. Años después, el 25 de Julio de 1878, fue instaurada, mediante acuerdo del Gobierno Nacional, la Parroquia Rural Jambelí.

2.4.1.4 CONTEXTO HUMANO-SOCIAL

Población y Demografía

La parroquia rural de Jambelí está conformada, según el censo INEC 2010, por 1718 habitantes, de los cuales 1084 (63%) son hombres y 634 (37%) son mujeres.

La isla Jambelí, según información proporcionada por la biblioteca del INEC, cuenta con un total de 289 habitantes, siendo 153 hombres y 136 mujeres, distribuidos en 85 hogares.

Migración

La falta de fuentes de trabajo y medios para satisfacer las necesidades básicas, así como también la búsqueda de instituciones educativas son las principales causas de migración de los habitantes de la parroquia Jambelí hacia las ciudades vecinas, siendo las principales: Machala, Pasaje, Santa Rosa y Huaquillas. No hay registro de migración a otros países.

Educación

La parroquia Jambelí no cuenta con un sistema educativo propiamente establecido. A pesar de la existencia de escuelas, la calidad de la educación es pobre debido a las deficiencias en cuanto infraestructura y equipamiento, además de la falta de mantenimiento lo que favorece a su deterioro.

2.4.1.5 DESARROLLO ECONÓMICO

Actividades Económicas

Al tratarse de una parroquia costera, la pesca es la principal actividad que en la que se basa la economía del lugar. Faenas como la pesca arteanal, recolección de conchas y cangrejos en esteros y canales, proporcionan el sustento para la supervivencia de las poblaciones isleñas.

Debido a factores culturales, climáticos y ecosistémicos que dificultan su explotación, actividades como la agricultura, ganadería y silvicultura son excluidas del ámbito económico de la parroquia.

Ingresos familiares (muestra al azar)

Los ingresos económicos promedios de los habitantes de la parroquia Jambelí se encuentran entre los $200 y $300 dólares, provenientes de actividades artesanales de pesca, recolección de conchas y cangrejos, como se señaló anteriormente. Estos ingresos se destinan principalmente a las necesidades básicas de los hogares, además a gastos para las faenas de trabajo.

Oferta Turística

A pesar de estar conformada por varias islas, la parroquia Jambelí solo cuenta con un destino turístico real que es la Isla Jambelí. En las islas restantes no existe ni la infraestructura ni los programas de desarrollo turísticos adecuados para satisfacer la demanda de turistas nacionales y extranjeros.

La Isla Jambelí es el principal destino turístico de la parroquia, atrayendo a una multitud de visitantes por año. Su playa tiene una longitud aproximada de 12 km, de los cuales 3 km son aprovechados por la comunidad para la construcción de comedores y cabañas que puedan brindar un buen servicio a los turistas.

Según encuestas realizadas a las cooperativas de botes que prestan sus servicios de transporte hacia la isla, el número de visitantes es de aproximadamente 19500 turistas por año, siendo mayor el flujo de turistas en feriados y épocas de vacaciones.

2.4.1.6 DESARROLLO TERRITORIAL

Servicio de Energía eléctrica

La energía eléctrica consumida por la población de la parroquia Jambelí proviene en su mayoría de la red de la empresa de servicio público. En casos en donde no se cuenta con este servicio, se utilizan generadores de luz, paneles solares y otras redes. Según el diagnóstico territorial realizado en cada isla, el 99% de la población ya tiene servicio público de energía eléctrica.

Sistemas de agua potable tratada

Las comunidades de Costa Rica, Las Casitas, Pongalillo y Bellavista se abastecen de agua potable mediante una red proveniente desde Tahuin – Arenillas. La distribución se la realiza a través de bombeo desde la Pitaya hasta las islas de la parroquia Jambelí. La gestión de esta obra estuvo a cargo del Gobierno Provincial Autónomo de El Oro y el Municipio de Santa Rosa.

Para el caso de la isla Jambelí el abastecimiento destinado a aseo es a través de pozos subterráneos, mientras que para consumo humano el agua es comprada en Puerto Bolívar.

El pozo de captación de aguas subterráneas existente en la Isla Jambelí tiene 150m de profundidad, con un caudal de 3.71 litros/segundo equivalentes a 320.54 metros cúbicos al día, dando servicio a 3000 personas. Con la ayuda de la comunidad se construyó una cisterna de 80 metros cúbicos más una torre que soporta un tanque elevado de 35 metros cúbicos y se instalaron 1000 m de tuberías para la distribución del agua por gravedad. Este sistema es administrado por la Junta Administradora de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento Ambiental.

Adicional al sistema de pozo se implementó un tratamiento con sistemas de aireación formado por 8 bandejas metálicas para remover el hierro, y con filtros de arena a presión y carbón activado para remover el color y sustancias húmicas del agua. En la actualidad estos filtros no se encuentran en operación y el sistema de aireación está obsoleto, lo que produce agua de mala calidad además de ser salobre debido a que no se sometió a un proceso para remoción de sales.

Cobertura de agua potable por familia

Tabla 35. Cobertura de agua potable en las islas de la Parroquia Jambelí

Lugar	Disponibilidad de agua					
	Tipo			Nº de familias que toman agua de red entubada	Nº de familias que toman agua de red potable	Nº de familias que toman agua de pozo y otras fuentes de camaroneras y Puerto Bolívar
	Entubada	Potable	Pozo			
Costa Rica		X			226	0
Las Casitas		X			49	0
Las Huacas			X		0	97
Bellavista		X			80	0
Pongalillo		x			62	0
Total					**417**	**97**

Fuente: Plan de Desarrollo Estratégico de la Parroquia Jambelí 2010-2025. Año 2013

Red de Alcantarillado Sanitario

En la parroquia Jambelí no existe un sistema de alcantarillado sanitario. Para servicios higiénicos o de escusado, la mayoría de la población ha construido pozos sépticos o pozos ciegos, otra parte de la población ha optado por la construcción de letrinas o la descarga directa de desechos al mar.

Redes viales y de transporte

El transporte desde la parroquia Jambelí hacia los diferentes lugares de la provincia es por vía marítima. Las principales vías de transporte para llegar a las islas o ciudades vecinas son a través de esteros y canales del Archipiélago de Jambelí.

En las islas de la Parroquia Jambelí, no existe una red vial determinada, pero si hay el espacio para construir una planificación adecuada. Debido a las características de los sitios existen pequeños caminos de arena y en algunos casos adoquín.

2.4.2 MARCO CONCEPTUAL

2.4.2.1 DESALINIZACIÓN

La desalinización es el proceso de eliminar los elementos inorgánicos o iones que producen la salinidad en el agua. Es decir la desalinización consiste en separar las sales del líquido, dando como resultado agua dulce[25].

Se puede definir como agua dulce a aquella que contiene un total de sólidos disueltos (TDS) menor a 1000 mg/l, concentraciones mayores afectan a las propiedades físicas del agua tales como sabor, olor, color, propensión a la corrosión, entre otras, además de ser potencialmente peligrosa para el consumo humano[26].

A continuación se presenta un cuadro con diferentes valores de TDS de acuerdo al tipo de agua que se presente[28]:

Tabla 36. Clasificación del agua según su salinidad

Salinidad de diferentes tipos de agua	
AGUA	**TDS (mg/l)**
Ultrapura	0.03
Pura	0.30
Desionizada	3.00
Potable	<1000.00
Salobre	1000.00- 10000.00
Salina	10000.00- 30000.00
Marina	30000.00- 50000.00

Fuente: Técnicas para desalinizar agua de mar y su desarrollo en México.
Año: 2012

Las tecnologías de desalinización son capaces de tratar agua de alimentación con TDS desde 1000 mg/l hasta 60000 mg/l, es decir pueden desalinizar dos tipos de agua: agua salobre y agua de mar[26].

Es por esta razón que la desalinización se contempla como una vía de desarrollo en aquellos países afectados por la poca disponibilidad de agua dulce. Este proceso se ha ido desarrollando a través de los últimos años hasta lograr niveles de eficiencia y costos que permiten su accesibilidad en países donde hasta hace poco resultaba difícil su implementación[25].

Tecnologías de desalinización

Existen diferentes tecnologías de desalinización, las mismas que pueden ser clasificadas en tres grupos[6]:

Tabla 37. Clasificación de los procesos de desalinización

Tecnología	Concepto	Procesos
Tecnologías basadas en la evaporación	Realiza el proceso de desalinización mediante dos métodos: • Por acción de los procesos térmicos: La energía necesaria es suministrada en forma de calor • Por acción de los procesos por compresión: Utiliza como fuente de energía el trabajo.	• Destilación súbita Multietapa (MSF) • Destilación multiefecto (ME) • Destilación por Compresión Mecánica de Vapor (MVC)
Tecnologías de separación de sales mediante sistemas de membrana	Separa, mediante membranas, el agua salina en dos flujos, uno de agua potable con concentraciones bajas de sales disueltas, y otro con concentración de salmuera. Pueden ser de diferentes tipos según la fuerza impulsadora que utilice para separar las partículas de sal a través de la membrana.	• Electrodiálisis • Microfiltración • Ultrafiltración • Nanofiltracion • Ósmosis Inversa
Otras técnicas	Además de las técnicas comerciales existen muchos más procesos que se encuentran en fase de investigación.	• Congelación • Evaporación Solar • Destilación con membranas

2.4.2.2 ÓSMOSIS INVERSA

La Ósmosis Inversa debe su nombre a que realiza el flujo de las soluciones de manera contraria a la ósmosis normal. Es un proceso físico que utiliza la diferencia de presión entre el agua salada y el agua pura para eliminar las sales a través de membranas sintéticas. Es decir se aplica una presión mayor a la presión osmótica para lograr que el flujo normal se invierta, pasando de la solución más concentrada (agua salobre o agua de mar) a la menos concentrada (agua pura). Cuanto mayor sea la salinidad del agua, mayor será su presión osmótica a superar[28].

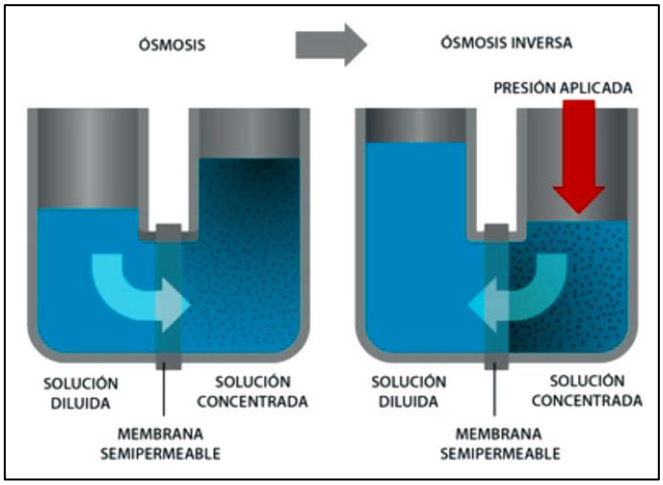


Gráfico 5. Ósmosis Inversa (Aguas San Pedro de Atacamas, Web. Año: 2015)

El proceso de ósmosis inversa puede ser aplicado tanto para desalinizar agua salobre como agua de mar ya que es eficiente en la eliminación de total de sólidos disueltos hasta una concentración de 45000 mg/l.

2.4.2.3 AGUA DE ALIMENTACIÓN PARA ÓSMOSIS INVERSA

El tipo de agua de alimentación es un factor determinante en el diseño de una planta de desalinización, ya que influye en la selección de la tecnología a utilizar, las etapas del pretratamiento, el método de eliminación de residuos y la tasa de recuperación del sistema.

- **Agua de mar**

Las plantas de Ósmosis Inversa para desalinizar agua de mar utilizan dos tipos de fuentes de alimentación: Pozos de playa (Pozos de agua de mar) y tomas abiertas de agua de mar. La diferencia ente los dos tipos de alimentación es la presencia de materia orgánica y partículas en el agua. El agua de pozos de playa experimenta un proceso previo de filtración natural a través de su paso por las capas porosas del suelo (arena, arcilla, piedra, entre otras) por lo que contiene menor cantidad de materia orgánica. En casos donde el abastecimiento de pozos de playa no es suficiente se opta por tomas abiertas de agua de mar.

- **Agua salobre**

Las fuentes de agua salobre pueden ser aguas subterráneas provenientes de acuíferos naturalmente salinos o que se han convertido en salobres debido a la intrusión del mar o a actividades antropogénicas de explotación. El agua salobre se caracteriza por presentar altas concentraciones de boro y sílice, y un bajo contenido de carbono orgánico y contaminantes coloidales[26].

2.4.2.4 MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

La ósmosis inversa es un proceso basado principalmente en el funcionamiento de una serie de membranas, capaces de rechazar compuestos que forman la salinidad tales como sodio y cloruros. En la actualidad se han creado membranas con rechazos de sal mayores al 99%.

Las membranas de OI que tratan agua salobre presentan una mayor tasa de permeado del agua producto, un menor rechazo de sal y requieren presiones de operación más bajas. Mientras que las membranas para desalinizar agua de mar están diseñadas para un mayor rechazo de sal, tienen tasas de permeado menores debido a la compensación entre el rechazo de sales y la permeabilidad de la membrana, además estás membranas deben funcionar a presiones más altas para superar la elevada presión osmótica del agua de mar.

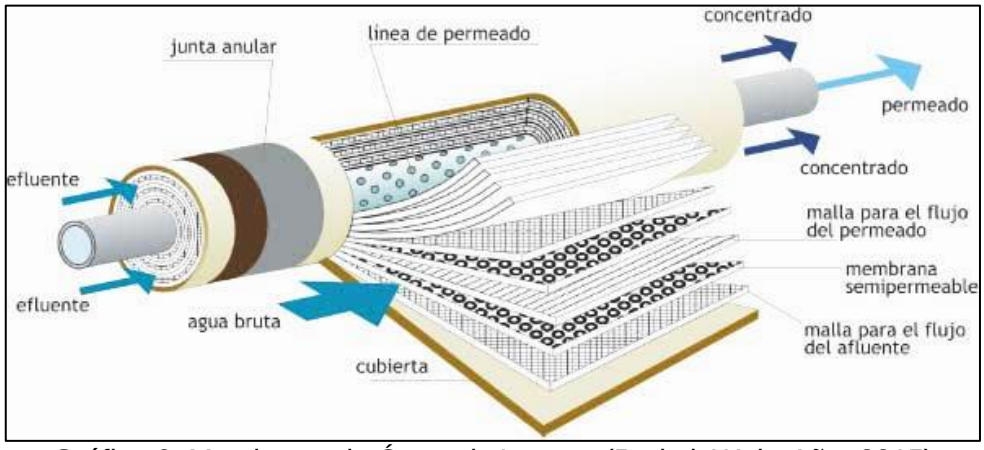


Gráfico 6. Membrana de Ósmosis Inversa (Puritek,Web. Año: 2015)

Existen dos tipos de membranas comúnmente utilizadas en los procesos de ósmosis inversa:

- Membranas de acetato de celulosa (CA).

Desarrolladas en 1960, se caracterizan por presentar una superficie relativamente lisa resistente al ensuciamiento. Se han realizado investigaciones que demuestran que mientras más lisa es la superficie de la membrana menor es el ensuciamiento producido, ya que el material que lo produce no puede depositarse en las grietas de la membrana.

- Membranas compuestas de capa fina (No CA).

Pueden ser membranas de poliamida aromática y membranas compuestas que utilizan materiales orgánicos comunes como polisulfona. Estas membranas presentan una mayor tasa de flujo (volumen de agua dulce por área de superficie de la membrana). Además permiten el paso de menores concentraciones de sal en comparación con las membranas de CA.

Estas membranas permiten un intervalo más amplio de pH del agua a tratar que las membranas de CA, pero tienen la desventaja de ser propensas a la degradación por cloro[27].

Ensuciamiento de las membranas

El ensuciamiento se produce por la acumulación residual de componentes del agua de alimentación que bloquean los poros de las membranas, afectando así su productividad.

Los principales problemas producidos por el ensuciamiento de las membranas son: Incrustación, Obstrucción, Adsorción y Contaminación biológica causada por el crecimiento biológico. Los métodos para controlar estos problemas se describen a continuación:

- El control de la incrustación se logra mediante la adición de ácido y/o anti incrustante en el agua de alimentación.
- La obstrucción se la minimiza mediante un control de turbidez (<0.2 NTU) y del índice de densidad de sedimentos (<2.0) del agua de alimentación.
- La contaminación biológica puede controlarse mediante la adición de cloro (cloro en gas o solución de hipoclorito) en el proceso de pretratamiento, seguido por un agente de decloración como medida para proteger a las membranas de la oxidación. Este problema también puede ser tratado a través de la adición de monocloramina (NH2Cl) u otros componentes bactericidas.

Actualmente se están investigando el desarrollo de membranas resistentes al ensuciamiento, lo que representaría una mejora significativa en los procesos de Ósmosis Inversa ya que se extendería la vida útil de las membranas reduciendo así los costos de mantenimiento y energía[27].

2.4.2.5 TASA DE RECUPERACIÓN

Tasa de recuperación es un parámetro que permite evaluar la eficiencia de las membranas de Ósmosis Inversa. Se puede definir como un porcentaje entre el volumen de agua dulce producida y el volumen de agua de alimentación procesada por la membrana.

La tasa de recuperación de un sistema de ósmosis inversa depende de la calidad de agua de alimentación, la presión aplicada y otros factores. Los valores más comunes van desde 30% hasta el 90%.

Se están desarrollando membranas que operen a bajas presiones, manteniendo altas tasas de recuperación. Estas membranas, denominadas Ultra membranas de baja presión de Ósmosis Inversa (ULPRO), están compuestas por láminas delgadas de polímeros con una capa de superficie activa que se carga negativamente.

2.4.2.6 PRETRATAMIENTO

Debido a la facilidad de ensuciamiento de las membranas de OI se requiere que el agua de alimentación se someta a procesos de pretratamiento que garanticen una mejor calidad del líquido, logrando así un mejor rendimiento del sistema.

El proceso de pretratamiento tiene como objetivo reducir el potencial de ensuciamiento proteger la estructura de la membrana y por ende aumentar su vida útil, reducir los costos de energía, mantener el nivel de rendimiento e incrementar el porcentaje de retención de sal.

El agua de alimentación que será procesada por las membranas de OI deberá estar libre de partículas grandes, materia orgánica, bacterias, componentes inorgánicos y otros elementos que puedan provocar la obstrucción de dichas membranas. El pretratamiento se puede dividir en dos grupos: Pretratamiento físico y Pretratamiento químico.

- **Pretratamiento físico**

Consiste en procesos de filtración mecánica que eliminan las partículas de mayor tamaño, además de materia orgánica y otros materiales. Consta generalmente de floculación, filtración multimedia, filtración de cartucho, filtración de arena, además se pueden implementar mecanismos de filtración de membrana, flotación por aire disuelto entre otros.

- **Pretratamiento químico**

Esta fase depende del pretratamiento físico en uso, en ésta se adicionan productos químicos que permitan eliminar todos los elementos orgánicos e inorgánicos que puedan representar un riesgo para el funcionamiento de las membranas, consiste en el agregado de inhibidores de incrustación, coagulantes, desinfectantes, entre otras sustancias eficaces en la emoción de agentes dañinos.

- **Cloración:** Su aplicación es necesaria independientemente del pretratamiento recibido, es utilizado para desinfectar el agua y prevenir el crecimiento biológico que causa el ensuciamiento de filtros y membranas. Puede ser añadido en bruto como Hipoclorito de Sodio o como gas.

- **Agentes de coagulación y floculación:** Causan la disolución de la materia contenida en el agua de alimentación para que luego sea absorbida por hidróxidos formados y materia coloidal a aglomerarse. Consiste en la utilización de sales de hierro o aluminio, a veces en combinación con polímeros, como agentes coagulantes se utilizan cloruro férrico, sales férricas o sulfato de aluminio.

- **Ajuste de pH:** Se realiza un ajuste del pH del agua de alimentación para lograr un mejor rendimiento de las membranas de OI, para esto se dosifica ácido sulfúrico. Este proceso también es necesario para evitar la incrustación de carbonato de calcio en las membranas.

- **Agentes anti incrustantes:** Inhiben la sobresaturación de la membrana provocada por elementos contaminantes que producen la precipitación de sales en su superficie. Dependiendo del compuesto a tratar, los inhibidores de incrustación varían, los más comunes son ácido sulfúrico, hexametafosfato de sodio, compuestos poliméricos, entre otros.

- **Decloración:** Consiste en la adición de químicos para remover el cloro de la fase de cloración. Es necesario antes de la etapa de ósmosis inversa ya que el cloro residual del agua de alimentación puede dañar las membranas mediante oxidación. Para este fin se utiliza metabisulfito de sodio, así como también lechos de carbón activado.

Hoy en día se aplican dos opciones de tratamiento previo a los sistemas de OI: el pretratamiento convencional y el pretratamiento de membrana.

- **Pretratamiento convencional**

Es la opción más utilizada en los sistemas de ósmosis inversa alrededor del mundo. Incluye la adición de productos químicos para el ajuste de pH, aumento de solubilidad de las sales y desinfección. Además implementa unidades de floculación, sedimentación y filtración para remover mecánicamente partículas orgánicas e inorgánicas de mayor tamaño. Puede incluir las siguientes fases:

- Pantallas para prefiltración
- Cloración
- Adición de ácido
- Coagulación
- Floculantes
- Filtración de arena de simple o doble capa
- Adición de bisulfito de sodio y anti incrustantes
- Filtración de cartucho

- **Pretratamiento por membranas**

Durante años, los pretratamientos basados en membranas se han aplicado exitosamente en el tratamiento de aguas residuales industriales y municipales. Consisten en la implementación de membranas de microfiltración y ultrafiltración, las mismas que forman una barrera contra el paso de partículas en suspensión, materiales coloidales y bacterias, por lo que garantizan un bajo índice de densidad de sedimentos en el agua de alimentación a pesar de las variaciones de su calidad.

Este tipo de pretratamiento es igual de efectivo que convencional ya que permite que el sistema de ósmosis inversa tenga un flujo de permeado alto y estable incluso en el funcionamiento a largo plazo.

En los procesos de pretratamiento por membranas el agua de alimentación es prefiltrada mediante pantallas mecánicas. La dosificación de elementos químicos es mucho menor que en el pretratamiento convencional.

Los módulos de pretratamiento por membranas comercialmente disponibles son: Plaquetas inmersas, Presión impulsada capilarmente, Presión conducida por grietas espirales, Módulos de fibras huecas inmersas, que es el comúnmente utilizado.

2.4.2.7 POST TRATAMIENTO

El agua producto de los sistemas de OI está libre de todos los elementos químicos que les dan las características necesarias para el consumo humano (sabor, color, olor, entre otras), es decir no se ajusta con los estándares que debe cumplir para ser considerada como agua potable. Los bajos valores de TDS pueden provocar que el agua sea desagradable, corrosiva y muy poco saludable. Por esta razón es necesario implementar un proceso de post tratamiento para recuperar dichas características.

Entre los procesos de post tratamiento está el re-endurecimiento del agua producto con el fin de evitar la corrosión en las tuberías de la red de distribución, ajuste del pH y del CO_2 para prevenir la incrustación de agentes dañinos, desinfección, tratamiento del boro, entre otros.

- **Recarbonatación y remineralización**

El objetivo de este proceso es lograr un valor del pH del agua producto mayor al pH de equilibrio del sistema, para evitar la corrosión de tuberías y crear una capa fina de precipitación como protección adicional. Existen varios métodos para lograr la recarbonatación y remineralización del agua entre los que están:

- **Disolución de cal con dióxido de carbono:** Añade alcalinidad al agua producto para disminuir su agresividad y corrosividad.

- **Disolución de piedra caliza con dióxido de carbono:** Empleado para lograr la remineralización. El CO_2 acidificado en el agua desalinizada entra en contacto con la piedra caliza y el agua producto es mineralizada nuevamente. El dióxido de carbono es añadido en una dosificación menor debido al contenido de carbonato que presenta la piedra caliza. En este proceso no se produce la reducción completa del CO_2 por lo que debe ser neutralizado mediante la adición de hidróxido de sodio y carbonato de sodio.

- **Medidas alternativas:** Como la dosificación de una solución química a base de cloruro de calcio o bicarbonato, pero debido a su alto costo solo puede ser utilizada en plantas de pequeña escala. Además para lograr el re-

endurecimiento del agua permeada se puede adicionar de cal hidratada y carbonato de sodio, así como también cloruro de calcio y bicarbonato de sodio.

Existen otros métodos alternativos como la mezcla del agua producto de un proceso de desalinización con agua salobre o marina rica en minerales para mejorar las propiedades físicas y químicas del agua. Sin embargo esto no se utiliza para agua permeada por sistemas de ósmosis inversa.

- **Desinfección**

A pesar de que el proceso de ósmosis inversa da como resultado agua de buena calidad, libre de bacterias y virus, es necesario asegurar que esta no adquiera ningún tipo de contaminante producido durante la distribución, tratamiento posterior o almacenamiento.

Existen diferentes métodos de desinfección como es el tratamiento con cloro (líquido o en gas), generación de hipoclorito de sodio y adición de hipoclorito en mayor volumen. La selección del método dependerá de la disponibilidad de los productos químicos, de su costo y del agua producto que se quiera obtener.

- **Eliminación del boro**

Para la eliminación del boro del agua de alimentación se requiere de la implementación de membranas especiales de ósmosis inversas. Los sistemas normales de ósmosis inversa no son capaces de remover el boro, ya que para esto se requiere de valores de pH elevados, los cuales producen problemas de alta alcalinidad que resultan en un aumento de la dureza del agua y por ende el rápido ensuciamiento de las membranas.

En membranas especiales de OI se puede producir el aumento del pH del agua sin que afecte a su funcionamiento. Por esta razón se han desarrollado una serie de opciones detalladas a continuación:

- Ósmosis inversa de una etapa con membranas de alto rechazo de boro.
- Ósmosis inversa de agua de mar seguida por Ósmosis inversa de agua salobre.
- Ósmosis inversa de agua de mar seguida de resinas de intercambio iónico selectivo de boro.
- Ósmosis inversa de agua de mar seguida por un proceso híbrido de resinas de intercambio iónico selectivo de boro y ósmosis inversa de agua salobre.
- Ósmosis inversa de agua de mar seguida por Electrodiálisis Reversible (EDR)[29].

2.5 METODOLOGÍA

En el presente proyecto se desarrollan una serie de alternativas para el tratamiento de la salinidad del agua captada por el pozo profundo que provee a la Isla Jambelí, perteneciente al cantón Santa Rosa. Las alternativas planteadas fueron analizadas mediante un cuadro comparativo en donde se expusieron las ventajas y desventajas de cada una de ellas, seleccionando la más viable de acuerdo a las características del entorno.

El sistema de abastecimiento existente en la isla cuenta con un pozo de 150 m de profundidad, que capta un caudal de 3.79 l/seg de agua subterránea con altas concentraciones de sales y sólidos disueltos, debido a fenómenos de intrusión salina por la cercanía al mar. El agua extraída desde el pozo es conducida a un sistema de aireación y luego a un sistema de almacenamiento para su futura distribución.

El proyecto en desarrollo consiste en el diseño de una solución técnica para eliminar el problema de salinidad y producir agua apta para el consumo humano. Para este fin se ha decidido incorporar un sistema de desalinización por ósmosis inversa debido a su eficiencia en el tratamiento de agua con gran concentración salina, conjuntamente a este proceso, se incluirá un pretratamiento físico como la filtración multimedia y microfiltración, además de un pretratamiento químico que consiste en la adición de sustancias anti incrutantes y desinfectantes.

El trabajo es de carácter investigativo, enfocado en el análisis de estrategias factibles que se adapten al sistema de abastecimiento actual de la Isla Jambelí. Se realiza la evaluación cualitativa y cuantitativa de la situación objeto de estudio, a partir de la cual se establece una solución efectiva a la problemática inicial.

Para la elaboración del presente proyecto técnico se ha desarrollado una investigación durante cuatro meses, basada en la recopilación de datos e información acerca de la situación actual del sistema de abastecimiento de agua de pozo perteneciente a la isla.

El universo de estudio del proyecto es la población de la Isla Jambelí formada por 289 habitantes Se considera, además, la influencia de la población flotante que ingresa al lugar, la cual suma un total de 1625 turistas por mes.

El método empleado en el presente proyecto es el teórico, el cual permite analizar el problema de estudio desde un enfoque teórico científico que ayuda a profundizar en los conceptos básicos de los fenómenos de investigación. Mediante este método se pueden interpretar de manera conceptual la información empírica recopilada.

Investigación de campo

Se realizó investigación de campo acerca de la calidad y cantidad del agua recibida por los usuarios del sistema, además de las condiciones sociales, económicas y culturales de la población.

Además se llevaron a cabo análisis físico, químico y microbiológico para conocer la calidad exacta del agua captada por el pozo profundo de la isla. Las muestras fueron tomadas luego de la captación (agua cruda) y del pretratamiento por aireación (agua tratada).

Investigación bibliográfica

Para el desarrollo de los estudios de ingeniería se recurrió a la revisión y análisis de artículos científicos tomados de revistas indexadas que forman parte de la base de datos aprobada por el reglamento universitario de acuerdo a las actuales normas vigentes en el país.

Se revisó documentación como libros, tesis de grado, publicaciones en Internet, así como también normas nacionales referente al tema.

La recopilación de datos técnicos para el desarrollo de la fase de factibilidad y diseño se realizó mediante la consulta a instituciones públicas y empresas privadas.

CAPÍTULO III.
DISEÑO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA SOLUCIÓN

3.1 CONCEPCIÓN DEL PROTOTIPO

Una vez analizadas una serie de alternativas para la desalinización de agua salobre, se ha optado por la implementación de un Sistema de Ósmosis Inversa que permitirá resolver el problema de salinidad del agua subterránea captada por el sistema de pozo profundo que abastece a la Isla Jambelí del cantón Santa Rosa.

El proceso de desalinización por Ósmosis Inversa será proyectado como un complemento al sistema de tratamiento existente en la isla, el mismo que cuenta con un pozo de captación de aguas subterráneas de aproximadamente 150 m de profundidad, una torre de aireación compuesta por ocho bandejas metálicas, una cisterna de 80 m^3 de capacidad, un tanque elevado de hormigón armado de 35 m^3, además de las respectivas bombas, tuberías y accesorios que permiten la conducción del agua por dichos procesos. (Ver ANEXO A).

En este capítulo se determinará el diseño definitivo del sistema de desalinización por Ósmosis Inversa que será implementado en la isla Jambelí. Además se incluirá la descripción y cálculo de los elementos del pretratamiento necesario para lograr el funcionamiento óptimo de la unidad desalinizadora, así como también de los componentes de conducción, almacenamiento y bombeo.

Para definir el diseño adecuado del sistema a implementar es necesario conocer los parámetros referentes a la calidad del agua a tratar, ya que de ellos dependerán el tipo de pretratamiento que se incorporará así como también las características de las unidades desalinizadoras.

Otro factor importante en la selección del proceso de desalinización y tratamiento previo es el caudal a tratar y que abastecerá a la población, de éste dependerá la capacidad y las especificaciones de las unidades de ósmosis inversa, así como también del pretratamiento.

3.1.1 CALIDAD INICIAL DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN

Como se señaló anteriormente, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua a tratar son muy importantes al momento de adoptar un tipo de pretratamiento en específico. Dicho proceso debe ser determinado de acuerdo a los componentes orgánicos e inorgánicos que se requiere remover o minimizar, dando como resultado agua de alimentación en óptimas condiciones para el tratamiento con membranas de ósmosis inversa.

Para establecer la calidad del agua a tratar se realizaron análisis de control de calidad de muestras de agua tomadas luego de la captación por pozo y del tratamiento por aireación. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

EMAPASR-EP
SANTA ROSA

EMPRESA PUBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
DEL CANTON SANTA ROSA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. "LOS JARDINES"

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

TIPO DE ANALISIS : **FISICO-QUIMICO - MICROBIOLOGICO**
SOLICITANTE **GERENCIA GENERAL**
FECHA DE MUESTREO **17 DE AGOSTO DE 2015**
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA **17 DE AGOSTO DE 2015**
FECHA DE SALIDA DE RESULTADOS **19 DE AGOSTO DE 2015**
NATURALEZA DE LA MUESTRAS **Agua Cruda y Agua Tratada de ISLA JAMBELÍ**
IDENTIFICACION DE LA MUESTRAS **1 - 2**

METODO DE ENSAYO :
Standar Metódo: Espectofotometro DR 2010 - Sension 378 y Membrana Filtrante

		GUIA DE AGUA TRATADA	RESULTADOS		
		valor guia max	1	2	
PARAMETROS	**UNIDADES**	NORMA NTE INEN 1108	CRUDA JAMBELÍ	TRATADA JAMBELÍ	
Temperatura	°C	-	**19.8**	**19.8**	
pH		6.5 - 8.5	**7.590**	**8.342**	
Color	Pt-Co	15	**2.0**	**0.0**	
Turbiedad	NTU	5	**1.5**	**0.7**	
Conductividad *	Us/cm	600	**5320**	**5270**	
Solidos Totales Disueltos *	mg/lt	1000	**2790**	**2820**	
Salinidad *	S°/oo	0.5	**2.9**	**2.8**	
Cobre	Cu	2,0	**0.14**	**0.18**	
Fluoruros	F-	1,5	**0.62**	**0.60**	
Cromo Hexavalente	Cr 6+	0,05	**0.01**	**0.001**	
DUREZA TOTAL	CaCO3	300	**570**	**548**	
Hierro Total	Fe^{3+}	0.3	**0.28**	**0.25**	
Nitritos	NO_2^-	0.2	**0.016**	**0.018**	
Nitratos	NO_3^-	50	**1.2**	**1.5**	
Sulfatos	SO_4^{2-}	200	**supera límite**	**supera límite**	
Fosfatos	PO_{43-}	0.1	**1.60**	**1.65**	
Cloro Libre Residual	Cl_2	0.3 - 1.5	-	-	
Manganeso	Mn	0.4	**0.10**	**0.8**	
COLIFORMES FECALES	ufc/100ml	**<1	**17**	**incontables**	

**** < 1 significa que no se observan colonias**

NOTA: Estos resultados pueden ser sujetos de comparacion siempre y cuando se utilice la misma metodologia usada en este Laboratorio.

Dr. Fernando Ortega Romero
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

EMPRESA PUBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SANTA ROSA
LABORATORIO

A partir de este análisis físico, químico y microbiológico se puede observar que el agua a tratar presenta valores elevados de **Sólidos Totales Disueltos (TDS), Salinidad, Dureza, Sulfatos, Fosfatos y Coliformes Fecales**. Estos parámetros son mayores a los establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 referente a los requisitos

del Agua Potable, por lo cual deben ser minimizados antes de someterse a un proceso de desalinización.

Una vez analizada las características del agua de alimentación del sistema de ósmosis inversa se puede determinar que el pretratamiento contará con tres fases importantes: Filtración Multimedia, también llamada Filtración Rápida con lecho múltiple; Pretratamiento químico mediante la adición de anti incrustantes e Hipoclorito de Sodio, y Microfiltración.

- **Filtración Multimedia (Filtración Rápida con lecho múltiple).** Se requiere de este tipo de filtración debido a la gran cantidad de TDS presentes en el agua a tratar. Este tipo de filtro permiten una remoción más efectiva de sólidos disueltos, ya que está compuesto por múltiples capas que permiten que los elementos contaminantes alcancen una mayor profundidad, aprovechando de manera más efectiva la capacidad de almacenamiento de sólidos dentro del filtro.

- **Adición de anti incrustantes e Hipoclorito de Sodio.** Debido a la alta presencia de TDS y coliformes fecales se adicionan sustancias químicas como anti incrustantes e hipoclorito de sodio. La dosificación de anti incrustantes es indispensable para evitar la formación de incrustaciones en las membranas de ósmosis inversa, lo que puede afectar el rendimiento de las mismas.
  Se opta además por la aplicación de Hipoclorito de Sodio como un medio de desinfección que inhiba el crecimiento biológico que se pueda producir en los filtros y membranas, alterando su funcionamiento.

- **Microfiltración.** Esta tecnología es considerada en la selección del pretratamiento debido a su alta eficiencia en la remoción de coliformes fecales, sólidos disueltos, bacterias y sustancias contaminantes del agua a tratar. Se basa en la filtración mediante membranas, en donde el tamaño y la distribución de los poros hacen posible la separación de las partículas.

3.1.2 CAUDAL CAPTADO POR EL POZO PROFUNDO

La captación del agua de alimentación se la realiza mediante un pozo profundo ubicado en el mismo lugar de la planta de tratamiento que abastece a la Isla Jambelí.

El caudal abastecido por el pozo fue aforado mediante el método volumétrico. El cual consiste en desviar el caudal de captación para llenar un recipiente de volumen conocido, luego se mide el tiempo que el agua tarda en ocupar dicho recipiente por medio de un cronómetro. Para que la medición sea más precisa se deben tomar cinco pruebas para que determinar un valor promedio de caudal.

En este caso el aforo se lo realizó utilizando un recipiente de 20 litros, el mismo que tardó en llenarse un tiempo promedio de 5.51 segundos, obteniéndose así un caudal de alimentación de **3.79 l/seg.**

3.1.3 CAUDAL DE DISEÑO

Es el caudal capaz de satisfacer la demanda de agua de una determinada población, proyectada al final del periodo de diseño del proyecto. Para determinar el caudal de diseño de una planta de tratamiento es necesario establecer factores como:

- Periodo de Diseño
- Tasa de crecimiento poblacional
- Población de Diseño
- Población Flotante
- Dotación
- Caudal Medio
- Caudal Máximo Diario

Los parámetros para determinar estos factores se establecieron según el Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5: **CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL**; y, **NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES**.

3.1.3.1 PERIODO DE DISEÑO

Es el lapso durante el cual una obra o estructura puede funcionar sin necesidad de ampliaciones. Los sistemas de abastecimiento de agua potable deben garantizar la rentabilidad de todas las obras del sistema durante el período de diseño escogido (30).

Según la sección 4.1.1 del Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural, las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos, se diseñarán para un **período de 20 años.**

3.1.3.2 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

La tasa de crecimiento poblacional es el índice, expresado en porcentaje, que representa el aumento de una determinada población.

Para conocer la tasa de crecimiento es necesario calcular la población futura del lugar de análisis. Para tal efecto se han empleado tres métodos:

- Método Aritmético
- Método Geométrico
- Método de los Mínimos Cuadrados

Determinación de la Población Futura de la Parroquia Jambelí

Para el cálculo se consideraron datos proporcionados por el INEC de los últimos Censos de Población y Vivienda realizados en el año 1990, 2001 y 2010.

- **Método Aritmético**

Datos:

Tabla 38. Datos de Censos Años 1990, 2001 y 2010

AÑO	POBLACIÓN
1990	1122
2001	1565
2010	1718
2015	P_{2015}
2035	P_{2035}

Fuente: Base de Datos INEC Años: 1990, 2001, 2010

Periodo de Diseño: 20 años

Cálculo de la Tasa de Crecimiento:

$$\boldsymbol{k = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}}$$

$$k = \frac{P_{2010} - P_{2001}}{2010 - 2001}$$

k = 17.00

Cálculo de la Población Futura:

$$\boldsymbol{P - P_2 = k(T - T_2)}$$

$$P = k(T - T_2) + P_2$$

Año 2015:

$$P_{2015} = k(2015 - 2010) + P_{2010}$$

P_{2015}= 1803 habitantes

Año 2035:

$$P_{2035} = k\ (2035 - 2015) + \ P_{2015}$$

P_{2035}= 2143 habitantes

Gráfica Población vs Tiempo:

Tabla 39. Resultados de Población Futura (Método Aritmético)

AÑO	POBLACIÓN
1990	1122
2001	1565
2010	1718
2015	1803
2035	2143

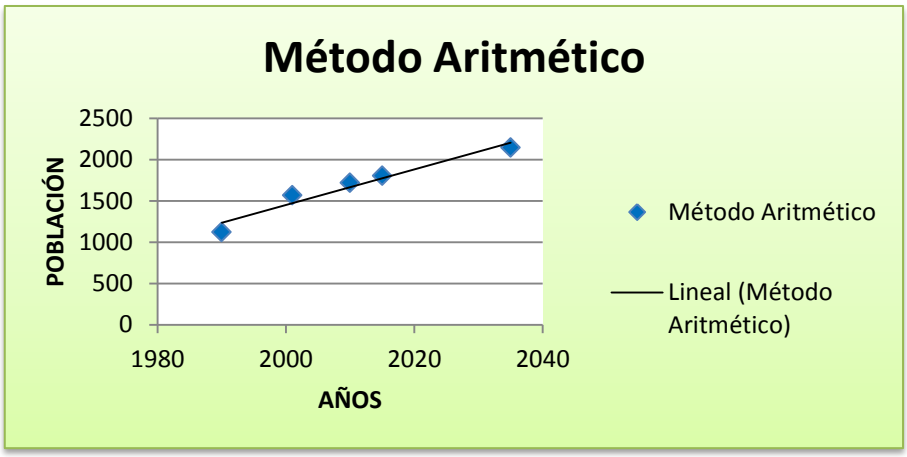


Gráfico 7. Representación Población vs Tiempo (Método Aritmético)

Cálculo de la Tasa de Crecimiento por Periodos

$$T_c = \frac{P2 - P1}{P1 * n} * 100$$

Donde:

- T_C= Tasa de Crecimiento
- n= Periodo de proyección en años

T_{c1}= 1.97 %
T_{c2}= 0.49 %

Promedio= 1.23 %

- **Método Geométrico**

Datos:

Tabla 40. Datos de Censos Años 1990, 2001 y 2010

AÑO	POBLACIÓN
1990	1122
2001	1565
2010	1718
2015	P_{2015}
2035	P_{2035}

Fuente: Base de Datos INEC Años: 1990, 2001, 2010

Periodo de Diseño: 20 años
Cálculo de la Tasa de Crecimiento:

$$\boldsymbol{k = \frac{lnP_2 - lnP_1}{T_2 - T_1}}$$

$$k = \frac{lnP_{2010} - lnP_{2001}}{2010 - 2001}$$

k= 0.0104

Cálculo de la Población Futura:

$$\boldsymbol{P = P_2(1 + K)^{T - T_2}}$$

Año 2015:

$$P_{2015} = P_{2010}(1 + K)^{2015-2010}$$

P_{2015}= 1809 habitantes

Año 2035:

$$P_{2035} = P_{2015}(1 + K)^{2035-2015}$$

P_{2035}= 2223 habitantes

Gráfica Población vs Tiempo:

Tabla 41. Resultados de Población Futura (Método Geométrico)

AÑO	POBLACIÓN
1990	1122
2001	1565
2010	1718
2015	1809
2035	2223

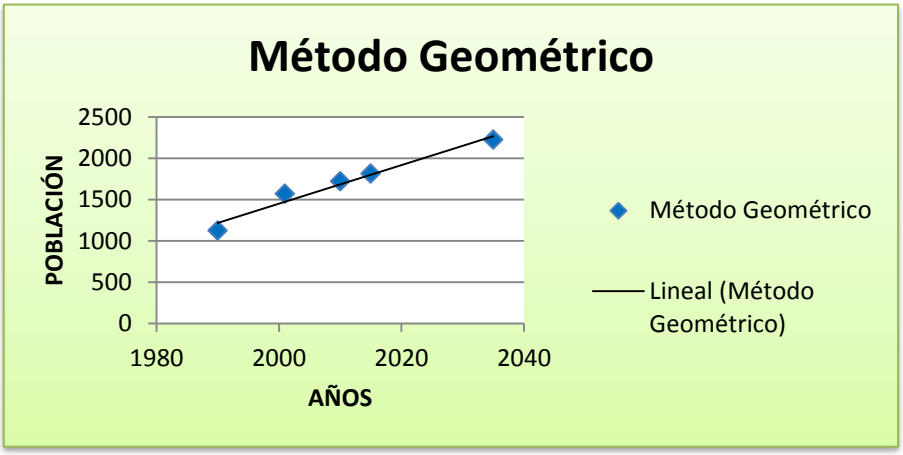


Gráfico 8. Representación Población vs Tiempo (Método Geométrico)

Cálculo de la Tasa de Crecimiento por Periodos

$$T_c = \left(\frac{P2}{P1}\right)^{1/n} - 1 \ * 100$$

Donde:

- T_C= Tasa de Crecimiento
- n= Periodo de proyección en años

T_{c1}= 1.68 %
T_{c2}= 0.47 %

Promedio= 1.07 %

- **Método de los Mínimos Cuadrados**

Datos:

Tabla 42. Datos de Censos Años 1990, 2001 y 2010

AÑO (x)	POBLACIÓN (y)
1990	1122
2001	1565
2010	1718
2015	P_{2015}
2035	P_{2035}

Fuente: Base de Datos INEC Años: 1990, 2001, 2010

Periodo de Diseño: 20 años

Cálculo de los valores a y b:

Para determinar los valores de a y b se debe resolver un sistema de ecuaciones que contiene las siguientes variables:

Tabla 43. Variables para determinar a y b

	x	y	x^2	y^2	xy
	1990	1122	3960100	1258884	2232780
	2001	1565	4004001	2449225	3131565
	2010	1718	4040100	2951524	3453180
Σ	**6001**	**4405**	**12004201**	**6659633**	**8817525**

n= Número de datos= 3

Sistema de Ecuaciones:

$$\Sigma y = n\,a + b\Sigma x \quad (1)$$

$$\Sigma xy = a\,\Sigma x + b\Sigma x^2 \ (2)$$

$$4405 = 3a + 6001b \ (1)$$

$$8817525 = 6001a + 12004201b \ (2)$$

De la ecuación (1) se despeja a:

$$a = \frac{4405 - 6001b}{3} \quad (3)$$

En la ecuación (2) se reemplaza la ecuación (3):

$$8817525 = 6001\left(\frac{4405 - 6001b}{3}\right) + 12004201b$$

$$8817525 = 8811468{,}333 - 12004000{,}33b + 12004201b$$

b= 30.18

Se reemplaza el valor de b en la ecuación (3) para encontrar a:

$$a = \frac{4405 - 6001(30{,}18)}{3}$$

a= -58907.1608

Cálculo de la Población futura:

$$P = a + bT$$

Año 2015:

$$P_{2015} = -58907.17608 + 30.183\ (2015)$$

P_{2015}= 1911 habitantes

Año 2035:

$$P_{2035} = -58907.17608 + 30.183\ (2035)$$

P_{2035}= 2515 habitantes

Gráfica Población vs Tiempo:

Tabla 44. Resultados de Población Futura
(Método de los Mínimos Cuadrados)

AÑO	POBLACIÓN
1990	1122
2001	1565
2010	1718
2015	1911
2035	2515

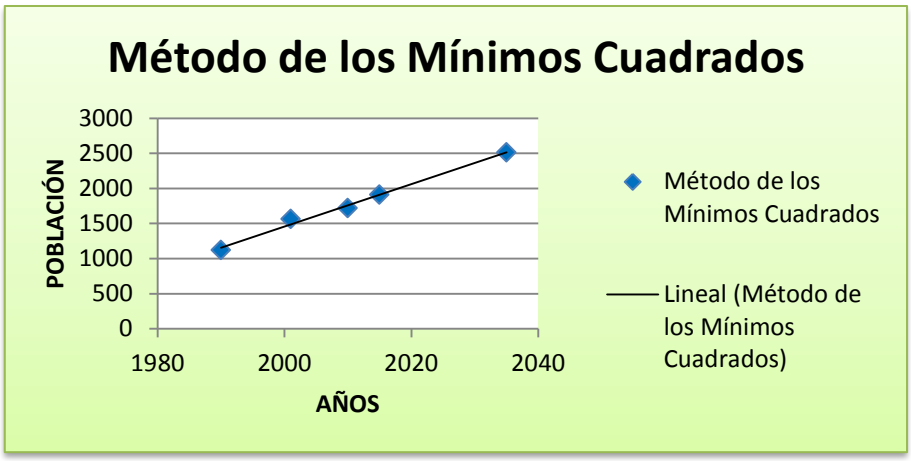


Gráfico 9. Representación Población vs Tiempo (Método de los Mínimos Cuadrado)

Se considera como tasa de crecimiento poblacional de la Parroquia Jambelí al mayor de los tres valores determinados por los métodos aplicados, en este caso es 1.23% (Método Aritmético). Sin embargo de acuerdo a la tabla 5.1. de la sección 4.2.4 del Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural, se debe adoptar una tasa de crecimiento de 1.5% en el caso de que el resultado obtenido sea menor a dicho valor.

TABLA 5.1. Tasas de crecimiento poblacional

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra Costa, oriente y Galápagos	1,0 1,5

3.1.3.3 POBLACIÓN DE DISEÑO

Se denomina población de diseño al número total de habitantes que tendrá el lugar del proyecto al final del periodo de diseño (2035). Se determinará de acuerdo a la población presente mediante un recuento poblacional, considerando la tasa de crecimiento considerada.

3.1.3.4 POBLACIÓN FLOTANTE

En lugares con alta afluencia turística, como la Isla Jambelí, es conveniente determinar la población flotante y la influencia de esta en el sistema a diseñarse.

Jambelí recibe un total aproximado de 19500 turistas por año, dando un promedio de 1625 turistas por mes. Esta población debe considerarse como parte de la población de diseño, para asegurar que el proyecto satisfaga las necesidades de la localidad durante todas las épocas del año.

3.1.3.5 DOTACIÓN

Es la producción de agua necesaria para abastecer a un habitante durante el lapso de un día. Está expresada en l/hte/día y depende de una variedad de factores como las condiciones climáticas del lugar, las actividades de diferentes sectores, entre otros.

De acuerdo a la sección A.2.3.2 del CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL DE LA NORMA CPE INEN 5, para poblaciones pequeñas que no disponen de facilidades se consideran las siguientes cantidades de agua de uso diario per cápita:

Uso	**Consumo (l/hte/día)**	
	Clima Frío	**Clima Cálido**
Bebida	2	2
Alimentación y cocina	8	10
Lavado de utensilios	8	8
Aseo corporal menor	6	10
Baño de ducha	8	17
Lavado de ropa	15	15
Inodoro	15	15
Total per-cápita	**62 (l/hte/día)**	**77 (l/hte/día)**

Por lo cual la dotación que se adopta para el cálculo del caudal de diseño es de **77 l/hte/día.**

De acuerdo al Código de Práctica ya nombrado, la Isla Jambelí se encuentra en un **Nivel de Servicio IIb,** apropiado para localidades en las que las viviendas prevén varios puntos de abastecimiento de agua (baños, inodoros, lavabos, fregadero de cocina, entre otros).

3.1.3.6 CAUDAL MEDIO

Es el consumo promedio diario obtenido mediante un registro anual de dotaciones. Según la sección 4.5 de la norma anteriormente nombrada, el caudal medio se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Qm} = \mathrm{f\,x\,(P\,x\,D)}/86400$$

En donde:

- Qm= Caudal medio (l/s)
- f= Factor de Fugas= 20 % (Para un Nivel de Servicio IIb)
- P= Población al final del período de diseño
- D= Dotación futura (l/hte/día)

3.1.3.7 CAUDAL MÁXIMO DIARIO

Es el caudal medio consumido por la comunidad en el día de máximo consumo en el año[31]. Se lo calcula mediante la expresión:

$$\mathrm{QMD} = \mathrm{KMD} \times \mathrm{Qm}$$

En donde:

- QMD= Caudal máximo diario (l/s)
- KMD= Factor de mayoración máximo diario = 1.25 (Para todos los niveles de servicio).
- Qm= Caudal medio (l/s)

Cálculo del Caudal de Diseño para la Población de Diseño

El caudal de Diseño para una Planta de Tratamiento, según a la Tabla 5 de la sección 4.1.6.1 de la NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES CPE INEN 5, es el siguiente:

$$\mathrm{Qdis} = \mathrm{QMD} + 10\ \%$$

TABLA 5. Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

Datos:

- **Población Actual de la Isla Jambelí =** 289 habitantes
- **Población Flotante de Turistas =** 19500 turistas/año = 1625 turistas/mes
- **Período de Diseño =** 20 años
- **Tasa de Crecimiento =** 1.5 % (Adoptado)

- **Dotación =** 77 l/hte/día
- **f= Factor de Fugas=** 20%
- **KMD= Factor de mayoración máximo diario =** 1.25

Tabla 45. Determinación del Caudal de Diseño

AÑO	POBLACIÓN FUTURA	Qm	QMD	Qdis
2015	1914	2.047	2.559	2.815
2016	1943	2.078	2.597	2.857
2017	1972	2.109	2.636	2.900
2018	2001	2.140	2.676	2.943
2019	2031	2.173	2.716	2.987
2020	2062	2.205	2.756	3.032
2021	2093	2.238	2.798	3.078
2022	2124	2.272	2.840	3.124
2023	2156	2.306	2.882	3.171
2024	2188	2.340	2.926	3.218
2025	2221	2.376	2.969	3.266
2026	2255	2.411	3.014	3.315
2027	2288	2.447	3.059	3.365
2028	2323	2.484	3.105	3.416
2029	2358	2.521	3.152	3.467
2030	2393	2.559	3.199	3.519
2031	2429	2.598	3.247	3.572
2032	2465	2.636	3.296	3.625
2033	2502	2.676	3.345	3.680
2034	2540	2.716	3.395	3.735
2035	2578	2.757	3.446	3.791

El caudal con el que se diseñará el proyecto es de **3.791 l/seg** o **327.52 m^3/día**.

3.2 MEMORIA TÉCNICA

Una vez estudiados los análisis de control del agua a tratar, y el caudal de diseño necesario para el abastecimiento de la población de la Isla Jambelí se procede a realizar el Diseño del Sistema de Desalinización por Ósmosis Inversa, cuyo propósito es lograr una producción de 327.52 m^3/día para proveer de agua potable a una población de 2578 personas (Población de diseño).

La propuesta de Diseño del sistema se la realizó mediante consultoría a diferentes empresas locales que ofrecen servicios y equipos de purificación y desalinización de agua. Se escogió la propuesta que mejor se adapta a los requerimientos y condiciones del proyecto, esta es la razón por lo que se seleccionó el diseño presentado por la empresa de tratamiento de agua AQUAPRO.

La empresa AQUAPRO presentó un proyecto basándose en equipos y servicios cotizados por la compañía internacional ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. que ofrece servicios de diseño, operación y mantenimiento de equipos de desalinización. Las especificaciones técnicas de cada sistema serán detalladas a continuación. (Ver ANEXO C).

El sistema de desalinización propuesto funcionará conjuntamente con la captación por pozo profundo y la torre de aireación metálica formada por ocho bandejas que existen en la planta de tratamiento de la isla, para el almacenamiento y distribución del agua tratada se construirán cisternas y tanques que complementarán a los ya existentes.

El proceso de desalinización por Ósmosis inversa que se plantea en el presente proyecto está compuesto por las siguientes fases:

- Pretratamiento Físico:
  - Filtración Multimedia
  - Microfiltración
- Pretratamiento Químico:
  - Sistema de Dosificación Química: Adición de anti incrustante e Hipoclorito de Sodio.
- Sistema de Recuperación de Energía
- Unidad de Membranas de Ósmosis Inversa
- Sistema de Limpieza de Membranas de Ósmosis Inversa
- Tuberías de conducción con sus respectivos accesorios

- Bombas:

  - Bomba de alimentación
  - Bomba de Alta Presión
  - Bomba de Transferencia de agua producto
  - Bombas incluidas en los sistemas: Bomba de Retrolavado del Filtro Multimedia y Bomba de lavado del Sistema de Limpieza.

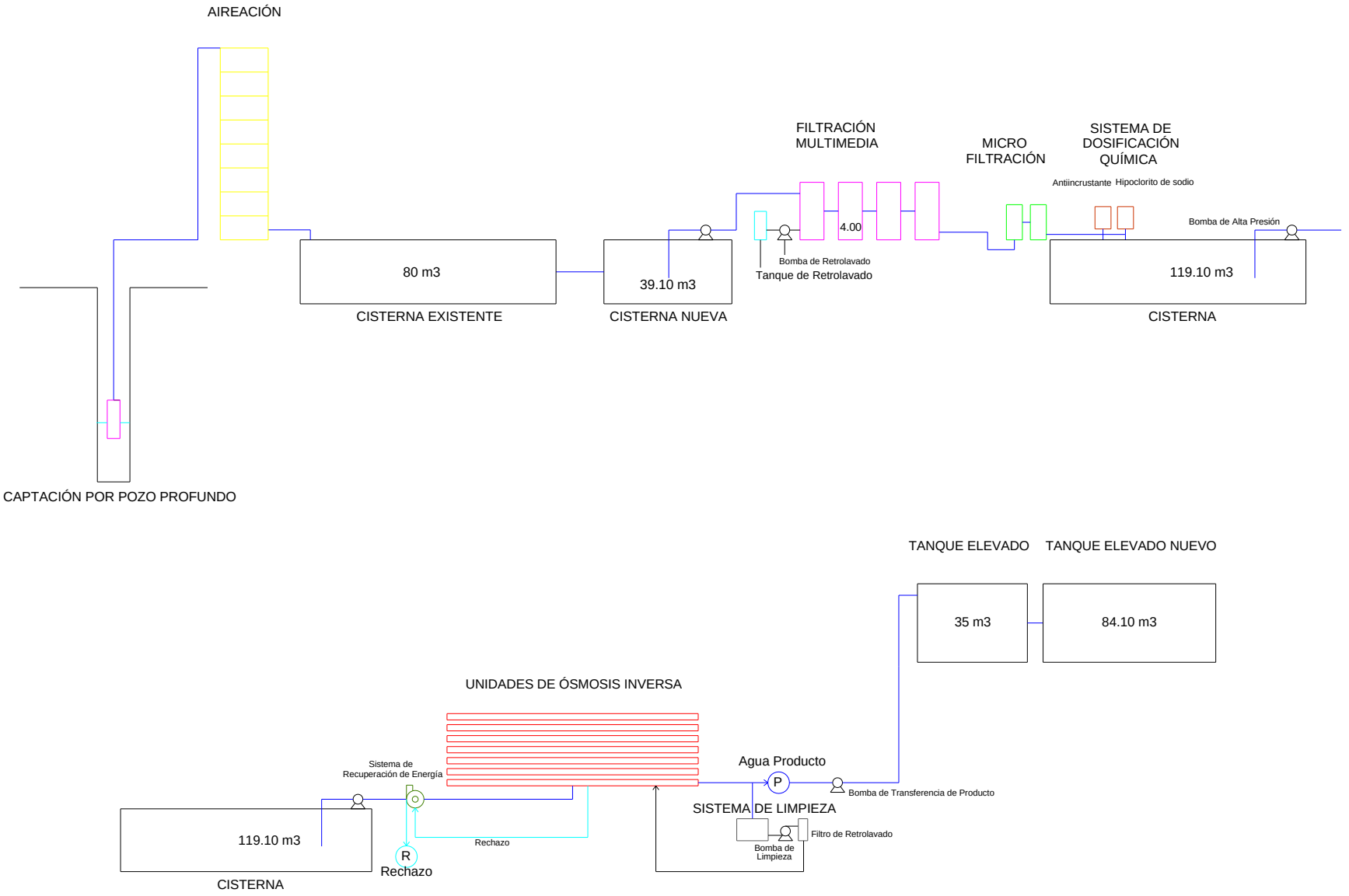
- Tanques de almacenamiento:

  - Dos cisternas de hormigón armado: Una de 39.10 m^3 para almacenar el agua de alimentación y otra de 119.10 m^3 para la adición de químicos.
  - Un tanque elevado de 84.10 m^3 para recolectar el agua producto.

- Emisario de Salmuera

A continuación se presenta un diagrama básico de las fases del proceso de desalinización:

DIAGRAMA BÁSICO DEL SISTEMA DE DESALINIZACIÓN



3.2.1 CAPTACIÓN

El agua de alimentación del sistema de desalinización es captada a través de un pozo entubado profundo que en su extremo inferior posee una rejilla o tamiz a manera de filtro para impedir el arrastre del material que se encuentra en el agua subterránea.

La profundidad del pozo de captación depende de las características litológicas del terreno. La isla Jambelí presenta capas superficiales de suelo areno-limosas por lo que se determinó una profundidad total de 150 m con el fin de llegar a una capa de suelo con una mejor permeabilidad.

El entubado o ademado permite dar estabilidad a las paredes del pozo. El diámetro de la tubería utilizada para este fin será el mínimo necesario para la instalación del equipo de bombeo, además de permitir el paso del filtro o rejilla final. En el caso del pozo profundo de la isla, eso se lo realiza mediante una tubería de 12 pulgadas de diámetro, que termina con una punta de 2m para mayor anclaje del tubo. La longitud total de la tubería es de 120 m (80% de la profundidad del pozo).

En la parte inferior del pozo profundo se encuentra ubicado un tamiz que sirve como un filtro que impide la entrada de sólidos o material de arrastre del agua subterránea. La longitud del tamiz depende del caudal que se va a extraer, además de la granulometría y tipo de material de las capas de suelo colindantes. La longitud del tamiz en el pozo profundo de Jambelí es de 30 m (20% de la profundidad del pozo).

3.2.2 AIREACIÓN

En la actual planta de tratamiento que se encuentra en la Isla Jambelí existe un sistema de aireación, el cual se continuará utilizando como parte del pretratamiento para la desalinización. La torre de aireación está formada por ocho bandejas metálicas de 0.90 x 0.90 m de área, separadas entre sí una altura de 0.30 m, a través de las cuales circula el agua cruda captada por el pozo profundo.

El agua captada pasa a través de una serie de bandejas metálicas perforadas en la parte inferior, cuyo diseño tiene el objetivo de permitir que el agua logre una adecuada distribución y contacto con el oxígeno, disminuyendo los niveles de hierro y manganeso que posee, además de eliminar compuestos orgánicos, malos olores y sabores.

3.2.3 FILTRACIÓN MULTIMEDIA

En la propuesta de diseño se implementa filtros multimedia debido a la cantidad elevada de sólidos totales disueltos presentes en el agua de alimentación, los cuales deben ser minimizados para evitar daños en las membranas de ósmosis inversa.

Los filtros multimedia también llamados filtros rápidos con lecho mixto consisten en un recipiente vertical presurizado que incluye medios filtrantes como arena y antracita, y un sistema de retrolavado. Otros medios filtrantes que se utilizan son carbón y zeolita.

Se utilizan dos capas de materiales diferentes como lecho fitrante, colocando el material de mayor diámetro efectivo (antracita) por encima del de menor diámetro efectivo (arena) con el fin de lograr una mayor remoción de compuestos orgánicos e inorgánicos.

Los filtros a presión funcionan mediante una fuerza generada bajo condiciones de presión resultante de un mecanismo de bombeo. Dicha fuerza es aplicada para contrarrestar la fricción producida por el material del medio filtrante y lograr que el flujo circule con menor dificultad. Su operación es igual a la de los filtros por gravedad y es empleado únicamente en plantas pequeñas.

Diseño del Filtro Multimedia

El filtro está formado por Arena y Antracita como lecho filtrante, y grava como lecho de soporte

Los parámetros de diseño están establecidos dentro de la sección 5.9.3.1 de la NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES CPE INEN 5:

Tamaño efectivo	Arena= 0.45 mm - 0.6 mm Antracita= 0.8 mm - 1.1 mm Grava= 25 mm - 50 mm
Espesor de las capas filtrantes	Arena = 0.15 m - 0.30 m Antracita= 0.40 m - 0.60 m Grava= 0.20 m -0.45 m

Número de filtros = 4
Tasa de filtración = 200 $m^3/m^2/d$ = 3.408 gpm/pie^2
Velocidad de filtración= 0.231 cm/seg

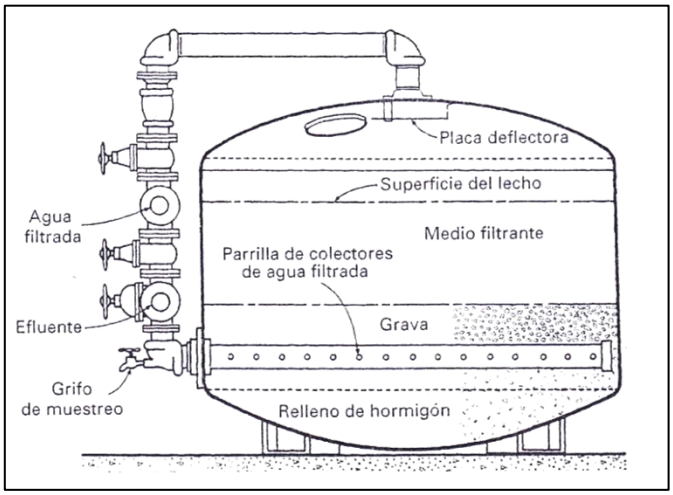


Gráfico 10. Sección típica de un filtro multimedia
(Metcalf & Eddy. Año: 1996)

Para determinar el área del tanque del filtro multimedia se requiere el caudal a filtrar por unidad, el cual es igual al caudal de diseño dividido para el número de filtros que se implementarán:

Caudal de diseño= 327.52 m^3/día = 13.65 m^3/h
Caudal a filtrar por unidad= 3.41 m^3/h

Flujo por área:

A partir del valor de la tasa de filtración se establece el flujo por área expresado en unidades de velocidad:

$$3.408 \ \frac{gpm}{pie^2} \times \frac{0.23\ m^3/h}{1\ gpm} \times \frac{1\ pie2}{0.093\ m2} = 8.43 \ m/h$$

Área del tanque:

Con los datos del caudal a filtrar por unidad y del flujo por área se calcula el área del tanque del filtro:

$$\text{Área} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Flujo por área}}$$

Área= 0.40 m^2 = 4.35 pie^2

El diámetro del tanque de filtración es de:

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

D= 0.718 m

D= 28 pulg

Espesor de las capas filtrantes

Los espesores de las capas filtrantes serán los siguientes:

Arena = 0.20 m
Antracita= 0.50 m
Grava= 0.25 m

Los espesores escogidos para las capas filtrantes se encuentran dentro de los parámetros establecidos dentro de la sección 5.9.3.1 de la NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES CPE INEN 5.

Se determina un espesor de poca profundidad para la capa de arena (0.15 m) y uno de mayor para la antracita (0.50 m). Esto se debe a que estudios experimentales han demostrado que entre mayor es la capa de antracita y menor la de arena, la remoción de turbiedad y bacterias coliformes a través del filtro rápido es más efectiva. Además a medida que se aumenta la proporción de antracita y se disminuye la de arena, la pérdida de carga en el filtro decrece proporcionalmente[32].

Tamaño efectivo de los medios filtrantes

El tamaño efectivo de las capas de arena, antracita y grava se determinan a partir de la norma anteriormente citada:

Arena=	0.60 mm
Antracita=	1.00 mm
Grava=	40 mm

Tasa de Filtración

Según la sección 5.9.3.1 de la NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES CPE INEN 5, la tasa de filtración recomendable para filtros de arena y antracita y de medios múltiples, es de 180 $m^3/m^2/d$ a 360 $m^3/m^2/d$.

Tasa de filtración = 200 $m^3/m^2/d$ = 3.408 gpm/pie^2

Lavado del Filtro

El lavado del filtro será de forma ascendente con agua, invirtiendo el flujo con agua proveniente de un tanque elevado o una bomba. Se usa velocidad constante durante el lavado con fluidificación de todas las capas del medio filtrante y estratificación de partículas.

Para filtros rápidos con lecho mixto las características del lavado serán las siguientes[32]:

Velocidad de lavado= 0.60 - 1.00 m/min o 0.60 - 1.00 $m^3/m^2/min$
Tiempo entre limpiezas= 12 - 48 horas

Pérdida de carga

Es importante determinar la pérdida de carga que se produce en el filtro, ya que de la velocidad con la que se efectúa esta depende la tasa de filtración para el agua de alimentación.

La distribución de la pérdida de carga está relacionada con la capacidad de penetración de los flóculos formados en el agua a filtrar. Hay mayor distribución de pérdida cuando la profundidad de penetración del flóculo es mayor y viceversa. Los datos empleados para el cálculo de la pérdida de carga de un filtro multimedia son el espesor (L) y el tamaño efectivo de la capa filtrante (d), así como la velocidad de filtración y la temperatura del agua de alimentación:

Datos:

Antracita: L_A= 50 cm
d_A = 1.00 mm

Arena: L_a= 20 cm
d_a = 0.60 mm

Velocidad de filtración V_s= 0.231 cm/seg= 0.00231 m/seg
Temperatura de Funcionamiento= 19.8° C

Para establecer la pérdida de carga de un filtro multimedia se emplea las **ecuaciones de Rose:**

Pérdida de carga

$$h = \frac{1{,}067}{\emptyset} C_d \frac{1}{\propto^4} \frac{L}{d} \frac{{V_s}^2}{g}$$

Donde:

Ø= Factor de forma de las partículas
Ø= 0.82 (para arena), 0.73 (para antracita)
C_d= Coeficiente de arrastre
α= Porosidad = 0.4 (valor supuesto)

Coeficiente de arrastre:

$$C_d = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0{,}34$$

Donde:
N_R= Número de Reynolds

Número de Reynolds:

$$N_R = \frac{\emptyset \, d \, V_s}{\upsilon}$$

Donde:

d= tamaño efectivo de la capa filtrante
V_s= Velocidad de filtración
υ = viscosidad

- **Determinación del Número de Reynolds para las capas de arena y antracita**

a) Capa de antracita

$$N_R = \frac{\emptyset \, d \, V_s}{\upsilon}$$

υ = 1.003 x 10^{-6} m^2/seg

$$N_R = \frac{(0{,}73)(1{,}00 \times 10^{-3})\ (0{,}00231)}{1{,}003 \times 10^{-6}}$$

N_R = 1.685

b) Capa de arena

$$N_R = \frac{\emptyset \, d \, V_s}{\upsilon}$$

υ= 1.003 x 10^{-6} m2/seg

$$N_R = \frac{(0{,}82)(0{,}60 \times 10^{-3})\ (0{,}00231)}{1{,}003 \times 10^{-6}}$$

N_R = 1.135

- **Determinación del Coeficiente de arrastre C_d :**

a) Capa de antracita

$$C_d = \frac{24}{1{,}685} + \frac{3}{\sqrt{1{,}685}} + 0{,}34$$

C_d= 16.90

b) Capa de arena

$$C_d = \frac{24}{1{,}135} + \frac{3}{\sqrt{1{,}135}} + 0{,}34$$

C_d= 24.29

- **Determinación de la pérdida de caga a través de las capas de arena y antracita:**

a) Capa de antracita

$$h_A = \left(\frac{1{,}067}{0{,}73}\right)(16{,}90)\frac{1}{(0{,}4)^4}\left(\frac{0{,}50}{1{,}00 \text{ x } 10^{-3}}\right)\frac{(0{,}00231)^2}{9{,}81}$$

h_A= 0.26 m

b) Capa de arena

$$h_a = \left(\frac{1{,}067}{0{,}82}\right)(24{,}29)\frac{1}{(0{,}4)^4}\left(\frac{0{,}20}{0{,}60 \text{ x } 10^{-3}}\right)\frac{(0{,}00231)^2}{9{,}81}$$

h_a= 0.22 m

- **Determinación de la pérdida de carga total H_T**

H_T= pérdida de carga a través de la capa de antracita + pérdida de carga a través de la capa de arena

H_T= 0.26 m + 0.22 m= **0.49 m**

Especificaciones Técnicas del Filtro Multimedia

Una vez determinado las características de diseño y funcionamiento del filtro multimedia, se selecciona el modelo que se empleará.

La empresa AQUAPRO mediante la compañía ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. ofrece una serie de modelos de filtro multimedia que varían de acuerdo a las especificaciones requeridas:

Tabla 46. Modelos de Tanques de Filtración Multimedia

RESUMEN DE LOS TANQUES DE FILTRACIÓN MULTIMEDIA							
Número de Modelo	**Cantidad de Filtro Multimedia**	**Área de filtración por filtro pies^2 (m^2)**	**Máxima Tasa de Flujo de Filtración por Filtro GMP (l/seg)**	**Tasa de Retrolavado GMP (l/seg)**	**Diámetro del tanque (pulg/mm)**	**Peso ensamblado (kg)**	**Volumen recomendado del tanque de retrolavado USGAL (m^3)**
60L, 60S, 60H	1	12.2 (1.13)	105 (6.62)	159 (10.0)	48.3 (1229)	450 (205)	2000 (7.57)
80L, 80S, 80H	1	16.6 (1.54)	140 (8.83)	216 (13.6)	56.7 (1442)	500 (227)	2500 (9.46)
100L, 100S, 100H, 120L, 120S	1	21.6 (2.01)	184 (11.6)	281 (17.7)	64.7 (1644)	550 (250)	3000 (11.36)
120H, 140L, 140S, 140H, 160L, 160S	1	27.3 (2.54)	247 (15.6)	355 (22.4)	72.4 (1839)	550 (250)	4000 (15.1)
250S, 250H, 300L, 300S,	2	27.3 (2.54)	247 (15.6)	355 (22.4)	72.4 (1839)	550 (250)	4000 (15.1)
160H, 180L, 180S, 180H, 200L, 200S	1	33.8 (3.14)	309 (19.5)	439 (27.7)	80.4 (2042)	590 (268)	5000 (18.9)
300H, 350L, 350S, 350H, 400L, 400S	2	33.8 (3.14)	309 (19.5)	439 (27.7)	80.4 (2042)	590 (268)	5000 (18.9)
200H, 225L, 225S	1	41 (3.81)	348 (22.0)	533 (33.6)	88.3 (2245)	950 (432)	5500 (20.8)
400H, 450L	2	41 (3.81)	348 (22.0)	533 (33.6)	88.3 (2245)	950 (432)	5500 (20.8)
225H, 250L	1	46.7 (4.34)	391 (24.7)	607 (38.3)	94 (2390)	685 (311)	6500 (24.6)

Fuente: ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015

De acuerdo a las características determinadas anteriormente se escogió el modelo de filtro 60L, el cual presenta las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 47. Especificaciones Técnicas del Filtro Multimedia Modelo 60L

FILTRO MULTIMEDIA	
	– Área de Filtración por unidad= 1.13 m^2 – Tasa de flujo por unidad= 6.62 l/seg – Tasa de Retrolavado= 10 l/seg – Diámetro del tanque= 1229 mm – Volumen recomendado del tanque de retrolavado= 7.57 m^3 – Tanque vertical resistente a la corrosión – Sensor y Monitor de proceso del flujo – Marco de acero estructural – Válvula de retención – Bomba centrífuga – Indicador de presión diferencial – Válvulas mariposa – Eficiencia de Filtración mejorada debido al tanque de cama profunda – Arena (0.4 mm – 0.55 mm), Antracita (85 mm – 95 mm) – Tubería de PVC y accesorios

Los filtros multimedia deben ser sometidos frecuentemente a un proceso de limpieza que elimine los flóculos captados por el medio filtrante, evitando así que la calidad de agua filtrada desmejore, para lo cual es recomendable incorporar un tanque de retrolavado de los filtros.

El sistema de retrolavado presentado por la compañía ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. incluye los equipos, accesorios y tuberías necesarios para realizar un lavado ascendente del filtro.

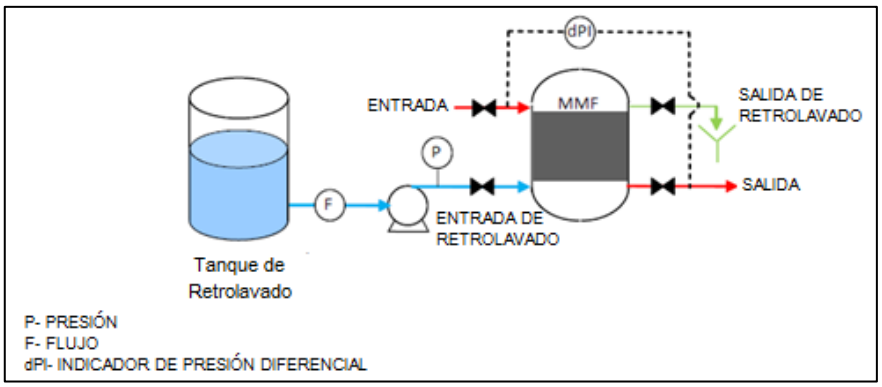


Gráfico 11. Retrolavado del filtro multimedia
(ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015)

3.2.4 MICROFILTRACIÓN

El proceso de Microfiltración emplea membranas para separar los sólidos y partículas coloidales que presenta el agua de alimentación. Los poros de dichas membranas son capaces de retener materia en el rango de 0.1-10 micras, por lo que la separación de partículas es mucho más rigurosa que en los métodos por medios filtrantes.

La eliminación de sólidos, turbidez y componentes orgánicos del agua a tratar depende del tamaño de los poros de la membrana de filtración. Partículas cuyo tamaño es mayor al de los poros serán retenidas en su totalidad, acumulándose sobre la membrana que posteriormente tendrá que someterse a una limpieza mecánica.

La microfiltración es un método similar a la ósmosis inversa, pero emplea presiones más bajas para la separación de sólidos, además el tamaño de los poros de las membranas de microfiltración es mayor.

Las membranas de microfiltración no alteran la naturaleza química de la solución, ya que son incapaces de separar componentes iónicos del agua, reteniendo únicamente partículas y moléculas más grandes.

En el caso de la presente propuesta de diseño, el sistema de ósmosis inversa requiere de una microfiltración previa a la desalinización del agua de alimentación, para asegurar la eficiencia del proceso.

Los microfiltros desarrollados por la compañía ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. incluyen diseños no metálicos. Las carcasas de los filtros son desmontables de una manera que expone la base, que permite una limpieza completa del filtro durante el cambio. Los filtros están disponibles con una base de fibra de vidrio opcional.

En general, un sistema de microfiltración incluye los siguientes componentes:

Tabla 48. Especificaciones Técnicas del Sistema de Microfiltración

SISTEMA DE MICROFILTRACIÓN	
	– Válvulas de aislamiento – Indicador de presión diferencial o transmisor (dpi) – Base y soporte – Purga de aire

El flujo de alimentación ingresa de forma ascendente al sistema de microfiltración, en donde circula a través de membranas que captan las partículas contaminantes de tamaños mayores a los de los poros de dichas membranas.

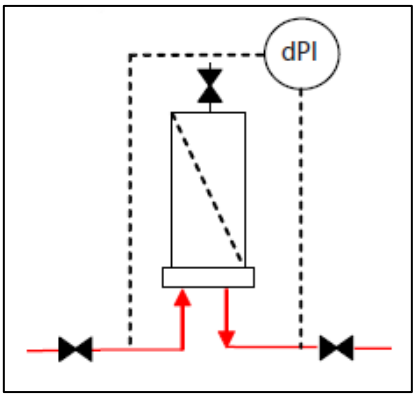


Gráfico 12. Funcionamiento del Sistema de Microfiltración
(ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015)

Los filtros pueden tener cualquiera de un número de diferentes arreglos. Por lo general se ensamblan entre sí en paralelo para flujos más grandes.

La compañía ISI presenta una serie de modelos de sistemas de microfiltración, clasificados de acuerdo a la capacidad de filtración:

Tabla 49. Modelos de Sistemas de Microfiltración

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS						
Modelo	**Capacidad (USgpm)**	**Capacidad (m^3/h)**	**Peso (pulg/cm)**	**Peso vacío (lbs/kg)**	**Peso lleno (lbs/kg)**	**Tubería corrugada de entrada y salida**
Micron 210	210	47.7	43/109	140/63	267/121	3”/4”
Micron 280	280	63.6	53/127	150/68	330/150	3”/4”
Micron 350	350	79.5	63/160	160/73	373/169	3”/4”

Fuente: ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015

El modelo escogido para el presente diseño es el Micron 210 que cuenta con las siguientes características físicas:

- Capacidad= 47.7 m^3/h
- Altura= 109 cm
- Peso vacío= 63 kg
- Peso lleno= 121 kg
- Tubería corrugada de entrada y salida de 3” y 4” respectivamente.

3.2.5 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA: ADICIÓN DE ANTI INCRUSTANTE E HIPOCLORITO DE SODIO

Los Sistemas de dosificación de productos químicos se utilizan para mejorar el rendimiento de la planta mediante la adición de sustancias químicas desinfectantes y anti incrustantes que eliminan agentes potencialmente dañinos para las membranas de ósmosis inversa. Los productos químicos consumibles pueden ser suministrados por la compañía ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC o comprados localmente.

El sistema cuenta con dos tanques de 35 galones cada uno. Presenta las siguientes características:

Tabla 50. Especificaciones Técnicas del Sistema de Dosificación Química

SISTEMA DE DOSIFICACIÓN QUÍMICA	
	– Bomba con control de carrera y velocidad – Válvula de cebado y anti sifón – Pantalla de entrada – Inyector – Tubería – Etiquetado

El sistema de dosificación será colocado adjunto a una cisterna de almacenamiento, en donde se adicionaran productos químicos en las cantidades recomendadas, logrando así que el agua sea apta para su tratamiento en la unidad de ósmosis inversa.

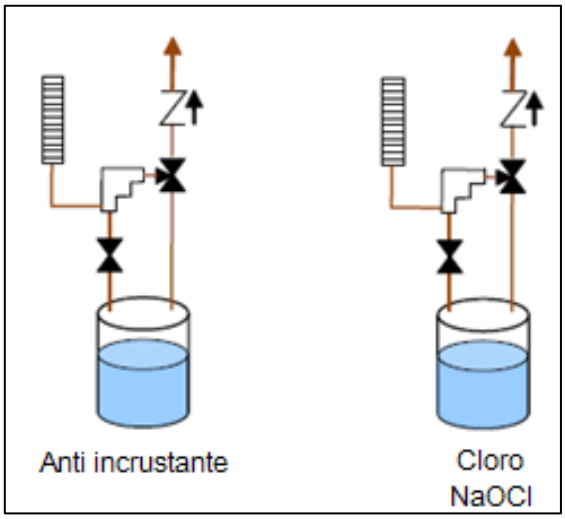


Gráfico 13. Sistema de Dosificación Química
(ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015)

3.2.6 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Con el objetivo de disminuir el consumo de energía del sistema, en el diseño se integra un multiplicador de presión hidráulica o HPB que es un dispositivo de recuperación de energía a partir del agua de rechazo o salmuera generada por las unidades de ósmosis inversa.

El funcionamiento de este sistema consiste en el aprovechamiento de la gran presión de la salmuera para ser devuelta al agua de alimentación y así disminuir el requerimiento de energía necesaria para generar grandes presiones en el agua de entrada al sistema de ósmosis inversa.

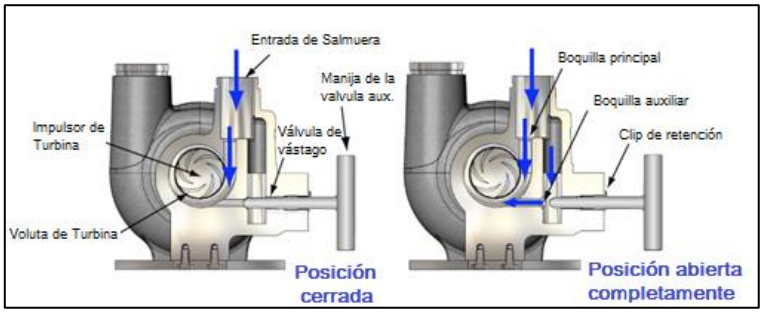


Gráfico 14. Sistema de Recuperación de Energía
(ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015)

Es una unidad totalmente autónoma ya que utiliza la energía de la corriente de salmuera para su funcionamiento, se dispone paralelamente y en conjunto con la bomba de alta presión. Genera un impulso de presión en el flujo de alimentación que van desde 20% a 40% del requerimiento total de la membrana.

La HPB está formada por una turbina que produce energía de acuerdo al ingreso de la corriente de salmuera, incluye una válvula integral de regulación de presión. Es un dispositivo compacto de alta eficiencia, construido de aleación dúplex de alta calidad con una amplia gama de operaciones.

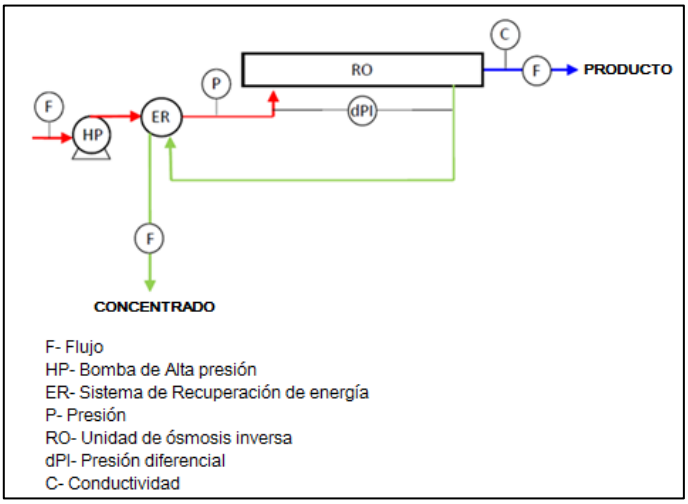


Gráfico 15. Funcionamiento del Sistema de Recuperación de Energía
(ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015)

3.2.7 UNIDAD DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

El proceso de ósmosis inversa se basa en la ósmosis directa o natural, a diferencia que se aplica una presión hidrostática mayor a la presión osmótica, lo que produce que el flujo cambie de dirección desde una solución más concentrada a una menos concentrada, reteniendo así las sales de la solución en las membranas.

El sistema de desalinización del diseño propuesto incluye una unidad de ósmosis inversa formada por módulos, que son elementos en donde se enrollan las membranas. El agua de alimentación es impulsada por una bomba de alta presión a través del módulo, bajo el efecto de la presión el agua pura es separada mediante las membranas y el concentrado o salmuera es evacuado por medio de válvulas.

Las membranas de osmosis inversa tienen la característica de ser semipermeables, es decir dejan pasar el agua en tanto que retienen del 90 al 99% de todos los elementos minerales disueltos, del 95 al 99% de la mayoría de los elementos orgánicos, y el 100% de las materias coloidales más finas (bacterias, virus, sílice coloidal…)[33].

En este diseño se emplearán membranas de acetato de celulosa en forma plana, enrolladas por pares en módulos de arrollamiento en espiral, las mismas que presentan las siguientes características:

Tabla 51. Características de las membranas de acetato de celulosa

Membranas de acetato de celulosa	
Configuración:	Espiral o fibras huecas
Resistencia Física	
- Presión normal de funcionamiento:	30 a 42 bar
- Temperatura máxima de funcionamiento:	30°C
- Temperatura máxima de almacenamiento:	30°C
Resistencia Química	
- pH tolerados:	4.5 a 6.5
- Hidrólisis:	Muy sensible
- Ataque bacteriano:	Muy sensible
- Cloro libre- dosis máxima admisible en continuo:	0.5 – 1 mg/l
- Otros agentes oxidantes:	Resistencia mediana
Duración	2 a 3 años
Paso de Sal (NaCl)	5 a 10%
Caudal por unidad de superficie	Alto

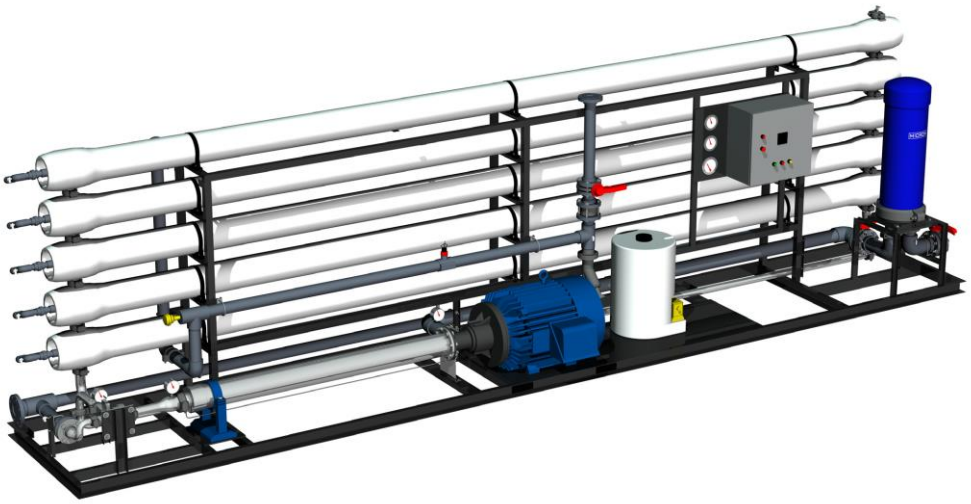
Fuente: Degrémont. Año:1979

En el interior del módulo de arrollamiento en espiral se encuentra un tubo central cuya función es la de recoger el agua de permeado. Las membranas de ósmosis inversa se disponen paralelamente al tubo, mientras que el agua de alimentación circula a través

de espacios generados por espaciadores (reja de plástico), entre las dos superficies activas de las membranas.

La compañía ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. ofrece una serie de modelos de unidades de ósmosis inversa. El modelo seleccionado para la propuesta a diseñar es el 100H que presenta las siguientes características:

Tabla 52. Características de la Unidad de Ósmosis Inversa

UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA

- Marco de acero estructural recubierto con uretano - Puntos de anclaje - Bomba y motor de alta eficiencia - Turbina de Recuperación de energía - Instrumentos de presión, flujo y conductividad - Parada de emergencia - Tubería de baja presión de PVC SCH80 - Tubería de alta presión 316SS - Panel de Calibre - Hardware 316 SS - Válvulas de muestra - Válvulas de proceso no metálicas resistente a la corrosión - Controlador PLC con pantalla LED y alarmas - Purgas de aire

Características y Parámetros de Diseño de la Unidad de ósmosis inversa:

Tabla 53. Especificaciones Técnicas de la Unidad De Ósmosis Inversa Modelo 100H

Características	
Capacidad nominal (m^3/d)	379
Potencia nominal específica (kWh/m^3)	3.8
Longitud máxima (cm)	828
Ancho máximo (cm)	61
Altura máxima (cm)	262
Peso seco (kg)	1918
Peso mojado (kg)	3052
Conexión de agua de alimentación (mm)	DN 100
Conexión de salmuera (mm)	DN 100
Conexión de agua producto	DN 80
Módulos	4 x 8” x 40”, 1000 psi
Membranas	28
Tipo de Recuperación de energía	Turbina
Parámetros de diseño	
Material de tubería	316SS, 2205, Zeron 100
Material de Hardware	316 SS
Rango de TDS del agua de alimentación	40000- 45000
Requerimiento del Índice de densidad de sedimentos	< 5.0
Temperatura de diseño (°C)	25
Conversión (%)	40 %
Flujo de alimentación (m^3/h)	39
Flujo de rechazo (m^3/h)	24
Flujo de producto (m^3/h)	16
Presión de operación (bar)	> 59
Potencia de motor (kW)	56

Fuente: ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015

3.2.8 SISTEMA DE LIMPIEZA DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

Uno de los mayores inconvenientes en un sistema de ósmosis inversa es el ensuciamiento de las membranas debido a la incrustación de componentes orgánicos e inorgánicos en sus poros. Para evitar este problema se recomienda incluir un sistema de limpieza que trabaje conjuntamente con la unidad desalinizadora, garantizando así su adecuado funcionamiento.

La compañía ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. propone implementar un sistema de limpieza que cuenta con un tanque que aprovecha el agua producto para realizar el lavado de las membranas.

Además de incluir todos los equipos, accesorios y tubería necesarios para realizar y supervisar la operación de limpieza, se puede incorporar un filtro de retrolavado para el tanque del sistema.

Tabla 54. Especificaciones Técnicas del Sistema de Limpieza

SISTEMA DE LIMPIEZA	
	- Bomba de limpieza 460V/60hZ o 380V/50hZ - Paquete de Tubería PVC - Tubería PVC SCH 80 y accesorios - Marco de acero estructural (revestido de epoxi y uretano) - Indicador de Presión - Sensor y Monitor de proceso del flujo - Válvula de retención - Filtro de retrolavado opcional - Monitor de flujo - Tanque de limpieza de polietileno - Válvula de purga - Válvula de mariposa para drenaje

Una parte del agua producto se deriva al tanque de limpieza, desde donde se bombea hacia la unidad de ósmosis inversa para realizar el lavado a presión de las membranas.

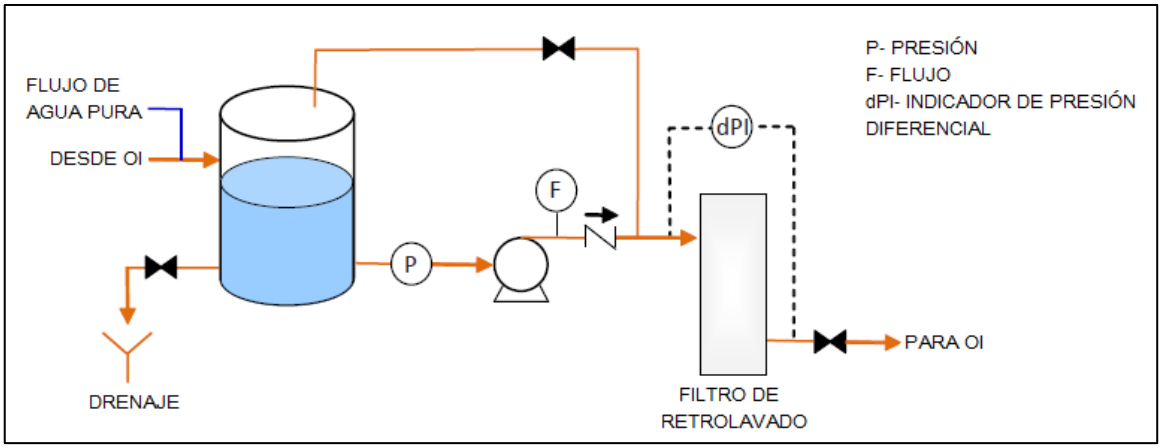


Gráfico 16. Sistema de Limpieza de Membranas de Ósmosis Inversa
(ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015)

La compañía ISI ofrece también una variedad de modelos de sistemas de limpieza, los cuales presentan las siguientes características técnicas:

Tabla 55. Modelos de Sistemas de Limpieza

SISTEMA DE LIMPIEZA: SET DE BOMBA (50/60HZ)							
Número de Modelo	**Potencia de Motor (HP/KW)**	**Estructura de Motor**	**Tamaño de succión (pulg/ mm)**	**Tamaño de descarga (pulg/mm)**	**Tasa de Flujo de Limpieza (GPM/m^3/h)**	**Tasa de Flujo de Diseño (GPM/m^3/h)**	**Presión de Diseño (PSI/bar)**
60S, 60L	7.5/5.6	213JM/ 184JM	2.5/DN 65	2/DN 50	80/18.2	140/31.8	40/2.76
60H, 80S, 80L, 100S, 100L	7.5/5.6	213JM/ 184JM	2.5/DN 65	2/DN 50	120/27.3	140/31.8	40/2.76
80H, 100H, 120S, 120L, 140S, 140L	7.5/5.6	213JM/ 184JM	2.5/DN 65	2/DN 50	160/36.3	140/31.8	40/2.76
120H, 140H, 160S, 160L	10/7.5	215JM	3/DN 80	2.5/DN 65	200/45.4	280/63.6	40/2.76
160H, 180S, 180L	10/7.5	215JM	3/DN 80	2.5/DN 65	240/54.5	280/63.6	40/2.76
180H, 200S, 200L, 225S, 225L	10/7.5	215JM	3/DN 80	2.5/DN 65	280/63.6	280/63.6	40/2.76
250S, 250L, 225H, 200H	15/11.2	215JM/ 256JM	4/DN 100	3/DN 80	320/72.7	420/95.4	40/2.76
250H, 300S, 300L	15/11.2	215JM/ 256JM	4/DN 100	3/DN 80	360/81.8	420/95.4	40/2.76
350S, 350L	15/11.2	215JM/ 256JM	4/DN 100	3/DN 80	400/90.8	420/95.4	40/2.76
300H	15/11.2	215JM/ 256JM	4/DN 100	3/DN 80	440/99.9	420/95.4	40/2.76
350H, 400S, 400L	30/22.4	215JM/ 256JM	4-5/DN 65	3-4/DN 50	480/109	140/31.8	40/2.76
450S	30/22.4	215JM/ 256JM	4-5/DN 65	3-4/DN 50	520/118	140/31.8	40/2.76
400H	30/22.4	215JM/ 256JM	4-5/DN 65	3-4/DN 50	560/127	140/31.8	40/2.76

Fuente: ISI INDUSTRIAL SERVICES, INC. Año 2015

El modelo de sistema de limpieza seleccionado para la presente propuesta es el 60L debido a sus características de tasa de flujo semejantes a las requeridas por el sistema a implementar.

3.2.9 TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN Y BOMBAS

Para la conducción del flujo de alimentación y de producto a través de las diferentes fases de desalinización se requiere de tubería PVC de diferentes diámetros, así como también de bombas que impulsen el agua a lo largo del sistema.

El sistema de desalinización propuesto requiere de cinco bombas:

- Bomba de alimentación
- Bomba de Alta Presión
- Bomba de Transferencia de agua producto
- Bombas incluidas en los sistemas: Bomba de Retrolavado del Filtro Multimedia y Bomba de lavado del Sistema de Limpieza.

A continuación se detalla el diseño de la bomba de alimentación, bomba de alta presión y bomba de transferencia de agua producto, con sus respectivas tuberías de succión e impulsión. El diseño permitirá establecer la potencia de las bombas requerida para la conducción del flujo por las diferentes fases del proceso.

No se incluye el diseño de la bomba de retrolavado ni el de la bomba de lavado del sistema de limpieza debido a que están incluidas en los sistemas anteriormente descritos.

Diseño de la Bomba de Alimentación

La bomba de alimentación está diseñada para conducir el flujo de alimentación desde las cisternas de almacenamiento hasta la etapa de Filtración Multimedia.

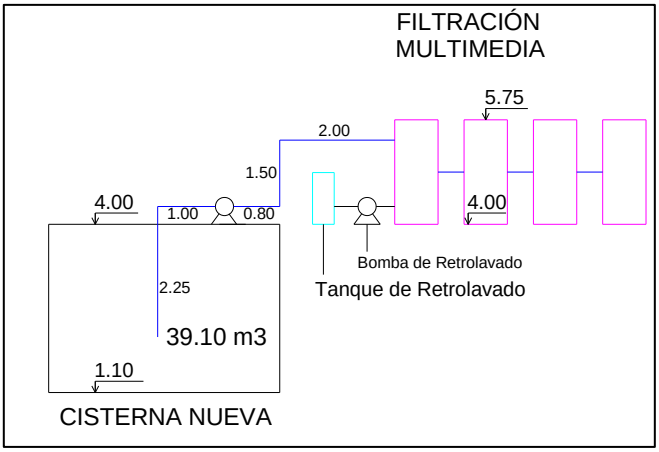


Gráfico 17. Diagrama de funcionamiento de la bomba de alimentación

Para el diseño de la bomba se considera el volumen consumido por la población de diseño en 24 horas:

Caudal de Diseño=	327.52	m^3/día
Volumen consumido en 24 horas =	327.52	m^3

Para determinar el tiempo de bombeo se establece la relación entre el volumen de almacenamiento y el caudal de diseño:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$t = \frac{V}{Q}$$

Donde:

t= tiempo de bombeo
V= Volumen de almacenamiento= 119.10 m^3
Q= Caudal de diseño = 3.79 l/seg = 13.64 m^3/h

$$t = \frac{119.10}{13.64}$$

t= 8.73 horas

El tiempo de trabajo de las bombas del sistema será de 8.73 horas ≈ 9 horas.

Diámetro interno de la tubería de succión

Para calcular el diámetro interno de la tubería de succión se considera el caudal de bombeo y la velocidad media:

$$Q = A \times V$$

La sección de la tubería es circular, por lo que su área está expresada mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Despejando el área en la expresión de caudal se obtiene:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Igualando las ecuaciones de área resulta:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{Q}{V}$$

Despejando se obtiene la siguiente ecuación que permite determinar el diámetro requerido de tubería:

$$d = 1{,}1284 \text{ x } \left(\frac{Q}{V}\right)^{1/2}$$

Donde

d= diámetro interno de la tubería de succión
Q=Caudal de bombeo = 0.00379 m^3/seg
V= Velocidad media de succión = 1.5 m/seg

Según la sección 5.6.1.2 de la de la NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES CPE INEN 5, la velocidad en la tubería de succión de la bomba, preferentemente debe estar entre 1.2 m/seg a 1.8 m/seg, por lo que se establece una velocidad de succión de 1.5 m/seg

El diámetro de la tubería de succión es el siguiente:

$$d = 1{,}1284 \text{ x } \left(\frac{0{,}00379}{1{,}5}\right)^{1/2}$$

d= 0.0567 m
d= 56.73 mm
d= 63 mm (Diámetro comercial)

Diámetro interno de la tubería de impulsión

El diámetro de la tubería de impulsión se lo puede establecer mediante la fórmula de Bresse:

$$D = K \text{ x } (Q)^{1/2}$$

Donde:

D= Diámetro económico
K= Coeficiente entre 0.9- 4.0 = 1.0
Q= Caudal de bombeo = 0.00379 m^3/seg

El diámetro de la tubería de impulsión es el siguiente:

$$D = 1{,}0 \text{ x } (0{,}00379)^{1/2}$$

D= 0.062 m
D= 61.57 mm
D= 75 mm (Diámetro comercial)

Cálculo de la Velocidad

Una vez determinados los diámetros de la tubería de impulsión y succión es necesario recalcular la velocidad de conducción del agua a través del sistema, considerando el mayor diámetro:

$$V = \frac{4 \text{ x } Q}{\pi \text{ x } D^2}$$

$$V = \frac{4 \text{ x } 0{,}00379}{\pi \text{ x } (0{,}075)^2}$$

V= 0.86 m/seg

Cálculo de las Longitudes equivalentes

Previo al cálculo de la pérdida de carga por longitud se requiere conocer los valores de longitud equivalente de cada una de las singularidades en la tubería de succión e impulsión.

La expresión utilizada para el cálculo de las longitudes equivalentes es la ecuación 16-7 de la sección 16.5.3.4 del Capítulo 16: NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA de la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11:

$$L_e = \left(A \text{ x } \left(\frac{d}{25{,}4}\right) \pm B\right) \text{x } \left(\frac{120}{C}\right)^{1{,}8519}$$

Donde:

Le= longitud equivalente
d= diámetro interno
C= Coeficiente según material de tubería (plástico= 150)

Los factores A y B dependen del tipo de accesorio, y fueron establecidos según la tabla 16.4 de la sección 16.5.3.4 del Capítulo 16: NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA de la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11

- Factores A y B según el tipo de accesorio:

Tabla 56. Factores A y B para accesorios de succión de la bomba de alimentación

	Factor A	Factor B
1 Válvula con pie de criba	6.38	0.40
1 Unión	0.15	0.01
1 Codo de 90°	0.52	0.04
1 Válvula de retención	3.20	0.03

Tabla 57. Factores A y B para accesorios de impulsión de la bomba de alimentación

	Factor A	Factor B
17 Uniones	0.15	0.01
1 Válvula con pie de criba	6.38	0.40
34 Codos de 90°	0.52	0.04
1 Reducción	0.15	0.01
16 Válvulas de mariposa	6.38	0.40
4 Válvulas de retención	3.20	0.03

- Longitudes equivalentes de los accesorios de succión:

Válvula con pie de criba

$$L_e = \left(6{,}38 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}40\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 10.73 m

Unión

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.25 m

Codo de 90°

$$L_e = \left(0{,}52 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}04\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.88 m

Válvula de retención

$$L_e = \left(3{,}20 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}03\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 5.27 m

- Longitudes equivalentes de los accesorios de impulsión:

Unión

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.30 m

Válvula con pie de criba

$$L_e = \left(6{,}38 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}40\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 12.73 m

Codo de 90°

$$L_e = \left(0{,}52 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}04\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 1.04 m

Reducción

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.30 m

Válvula de mariposa

$$L_e = \left(6{,}38\text{x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}40\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 12.73 m

Válvula de retención

$$L_e = \left(3{,}20 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}03\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 6.27 m

Pérdidas en la impulsión y succión

Para calcular la pérdida total de carga por longitud se emplea la ecuación 16-6 de la sección 16.5.3.4 del Capítulo 16: NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA de la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11:

$$h_f = m \text{ x } L \text{ x } \left(\frac{V^{1{,}75}}{D^{1{,}75}}\right)$$

Donde:

h_f= pérdidas de carga por longitud
m= constante del material del tubo, (plástico= 0.00054)
L= Suma de la longitud equivalente según los tipos de accesorios y longitud de tubería
V= Velocidad
D= Diámetro

La pérdida de carga por longitud es la siguiente:

$$h_f = 0{,}00054 \text{ x } (10{,}73 + 0{,}25 + 0{,}88 + 5{,}27 + (17 \text{ x } 0{,}30) + 12{,}73 + (34 \text{ x } 1{,}04) + 0{,}30 + (16 \text{ x } 12{,}73) + (4 \text{ x } 6{,}27) + 2{,}25 + 1{,}00 + 0{,}80 + 1{,}50 + 2{,}00 + (4 \text{ x } 1{,}50) + (4 \text{ x } 5{,}40)) \text{ x } \left(\frac{0{,}86^{1{,}75}}{0{,}075^{1{,}75}}\right)$$

h_f = 12.86 m

Pérdidas en Singularidades

Este tipo de pérdidas son producidas en puntos particulares de la tubería, debido a la turbulencia producida por el cambio de dirección del flujo, uniones, reducciones, entre otros. Se calcula mediante la fórmula experimental expresada a continuación:

$$h = K \text{ x } \left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

Donde:

h= pérdida de carga
K= coeficiente empírico según el tipo de accesorio
V= Velocidad

El coeficiente “K” es característico de cada tipo de singularidad, depende además de la velocidad promedio del flujo en la tubería. Sus valores para cada caso son:

Tabla 58. Coeficientes “K” para accesorios de succión de la bomba de alimentación

	Valores de K
Válvula con pie de criba	10.00
Unión	0.30
Codo de 90°	0.90
Válvula de retención	2.00

Tabla 59. Coeficientes “K” para accesorios de impulsión de la bomba de alimentación

	Valores de K
Unión	0.30
Válvula con pie de criba	10.00
Codo de 90°	0.90
Reducción	1.80
Válvula de mariposa	0.20
Válvula de retención	2.00

- Pérdidas por singularidades en la succión:

Válvula con pie de criba

$$\mathrm{h} = 10 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.38 m

Unión

$$\mathrm{h} = 0{,}30 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Codo de 90°

$$\mathrm{h} = 0{,}90 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.03 m

Válvula de retención

$$\mathrm{h} = 2{,}00 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.08 m

- Pérdidas por singularidades en la impulsión:

Unión

$$\mathrm{h} = 0{,}30 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Válvula con pie de criba

$$\mathrm{h} = 10 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.38 m

Codo de 90°

$$h = 0{,}90 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.03 m

Reducción

$$h = 1{,}80 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.07 m

Válvula de mariposa

$$h = 0{,}20 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Válvula de retención

$$h = 2{,}00 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.08 m

Pérdida Total por Singularidades= 2.70 m

La suma de las pérdidas de carga por longitud más las pérdidas en singularidades permite obtener la pérdida total de carga:

H total= 12.86 m + 2.70 m + (4 x 1.50 m)

H total= 21.55 m

Potencia de la Bomba

Luego de que se conoce el valor de la pérdida total de carga en la impulsión y en la succión se puede establecer la potencia requerida por la bomba mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q \text{ x } H}{75 \text{ x } \eta}$$

Donde:

Q= Caudal de bombeo, en l/seg
H= Pérdida total de carga, en m
η = Rendimiento de la bomba= 70%

Por lo tanto, la potencia de bombeo es:

$$P = \frac{3{,}79 \text{ x} 21{,}55}{75 \text{ x } 0{,}70}$$

P= 1.56 HP

Nota: Debido a que en el mercado no existe esta denominación comercial se implementa una bomba de **2 HP** de potencia

Diseño de la Bomba de Alta Presión

La bomba de alta presión es la encargada de impulsar el agua desde la cisterna de dosificación química hasta la unidad de ósmosis inversa.

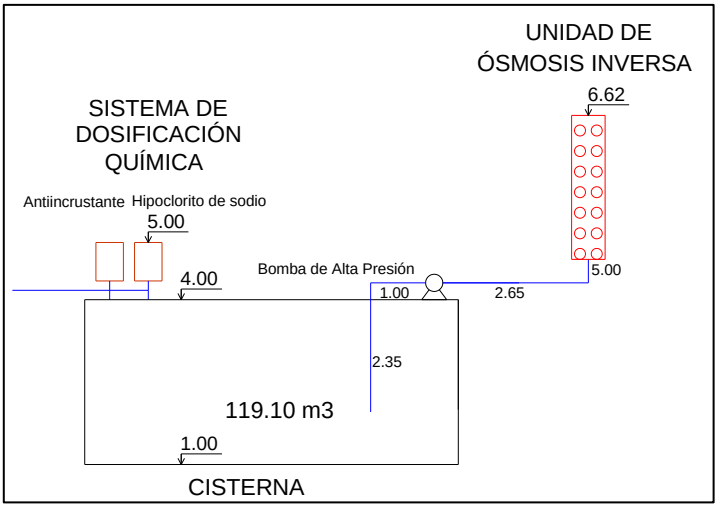


Gráfico 18. Diagrama de funcionamiento de la bomba de alta presión

Para el diseño de la bomba se considera el volumen consumido por la población de diseño en 24 horas:

Caudal de Diseño=	327.52	m^3/día
Volumen consumido en 24 horas =	327.52	m^3

Diámetro interno de la tubería de succión

El diámetro de la tubería de succión es el siguiente:

$$d = 1{,}1284 \text{ x } \left(\frac{Q}{V}\right)^{1/2}$$

$$d = 1{,}1284 \text{ x } \left(\frac{0{,}00379}{1{,}5}\right)^{1/2}$$

d= 0.0567 m
d= 56.73 mm
d= 63 mm (Diámetro comercial)

Diámetro interno de la tubería de impulsión

El diámetro de la tubería de impulsión es:

$$D = K \text{ x } (Q)^{1/2}$$

$$D = 1{,}0 \text{ x } (0{,}00379)^{1/2}$$

D= 0.062 m
D= 61.57 mm
D= 75 mm (Diámetro comercial)

Cálculo de la Velocidad

Una vez determinados los diámetros de la tubería de impulsión y succión es necesario recalcular la velocidad de conducción del agua a través del sistema, considerando el mayor diámetro:

$$V = \frac{4 \text{ x } Q}{\pi \text{ x } D^2}$$

$$V = \frac{4 \text{ x } 0{,}00379}{\pi \text{ x } (0{,}075)^2}$$

V= 0.86 m/seg

Cálculo de las Longitudes equivalentes

Previo al cálculo de la pérdida de carga por longitud se requiere conocer los valores de longitud equivalente de cada una de las singularidades en la tubería de succión e impulsión:

$$L_e = \left(A \text{ x } \left(\frac{d}{25{,}4}\right) \pm B\right) \text{x } \left(\frac{120}{C}\right)^{1{,}8519}$$

Tabla 60. Factores A y B para accesorios de succión de la bomba de alta presión

	Factor A	Factor B
1 Válvula con pie de criba	6.38	0.40
1 Unión	0.15	0.01
1 Codo de 90°	0.52	0.04
1 Válvula de retención	3.20	0.03

Tabla 61. Factores A y B para accesorios de impulsión de la bomba de alta presión

	Factor A	Factor B
2 Uniones	0.15	0.01
1 Válvula con pie de criba	6.38	0.40
5 Codos de 90°	0.52	0.04
1 Reducción	0.15	0.01
3 Tee de paso directo	0.53	0.04
1 Válvula de retención	3.20	0.03
3 Válvulas de mariposa	6.38	0.40
1 Codo de 45°	0.38	0.02
1 Válvula de compuerta	0.17	0.03

- Longitudes equivalentes de los accesorios de succión:

Válvula con pie de criba

$$L_e = \left(6{,}38 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}40\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 10.73 m

Unión

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.25 m

Codo de 90°

$$L_e = \left(0{,}52 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}04\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.88 m

Válvula de retención

$$L_e = \left(3{,}20 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}03\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 5.27 m

- Longitudes equivalentes de los accesorios de impulsión:

Unión

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.30 m

Válvula con pie de criba

$$L_e = \left(6{,}38 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}40\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 12.73 m

Codo de 90°

$$L_e = \left(0{,}52 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}04\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 1.04 m

Reducción

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.30 m

Tee de paso directo

$$L_e = \left(0{,}53 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}04\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 1.06 m

Válvula de retención

$$L_e = \left(3{,}20 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}03\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 6.27 m

Válvula de mariposa

$$L_e = \left(6{,}38\text{x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}40\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 12.73 m

Codo de 45°

$$L_e = \left(0{,}38 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}02\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.76 m

Válvula de compuerta

$$L_e = \left(0{,}17 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}03\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.35 m

Pérdidas en la impulsión y succión

La pérdida de carga por longitud es la siguiente:

$$h_f = m \text{ x } L \text{ x } \left(\frac{V^{1{,}75}}{D^{1{,}75}}\right)$$

$$h_f = 0{,}00054 \text{ x } (10{,}73 + 0{,}25 + 0{,}88 + 5{,}27 + 0{,}30 + 12{,}73 + (5 \text{ x } 1{,}04) + 0{,}30 + (3 \text{ x } 1{,}06) + 6{,}27 + (3 \text{ x } 12{,}73) + 0{,}76 + 0{,}35 + (14 \text{ x } 8{,}28) + 2{,}62 + 17{,}39 + 2{,}35 + 1{,}00 + 2{,}65 + 5{,}00) \text{ x } \left(\frac{0{,}86^{1{,}75}}{0{,}075^{1{,}75}}\right)$$

h_f= 8.90 m

Pérdidas en Singularidades

Se calcula mediante la fórmula experimental expresada a continuación:

$$h = K \text{ x } \left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

Los valores del coeficiente “K” para cada caso son:

Tabla 62. Coeficientes “K” para accesorios de succión de la bomba de alta presión

	Valores de K
Válvula con pie de criba	10.00
Unión	0.30
Codo de 90°	0.90
Válvula de retención	2.00

Tabla 63. Coeficientes “K” para accesorios de impulsión de la bomba de alta presión

	Valores de K
Unión	0.30
Válvula con pie de criba	10.00
Codo de 90°	0.90
Reducción	1.80
Tee de paso directo	0.30
Válvula de retención	2.00
Válvula de mariposa	0.20
Codo de 45°	0.40
Válvula de compuerta	0.20

- Pérdidas por singularidades en la succión:

Válvula con pie de criba

$$\mathrm{h} = 10 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.38 m

Unión

$$\mathrm{h} = 0{,}30 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Codo de 90°

$$\mathrm{h} = 0{,}90 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.03 m

Válvula de retención

$$\mathrm{h} = 2{,}00 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.08 m

- Pérdidas por singularidades en la impulsión:

Unión

$$\mathrm{h} = 0{,}30 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Válvula con pie de criba

$$h = 10 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.38 m

Codo de 90°

$$h = 0{,}90 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.03 m

Reducción

$$h = 1{,}80 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.07 m

Tee de paso directo

$$h = 0{,}30 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Válvula de retención

$$h = 2{,}00 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.08 m

Válvula de mariposa

$$h = 0{,}20 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Codo de 45°

$$h = 0{,}40\text{x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.02 m

Válvula de compuerta

$$h = 0{,}20x \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Pérdida Total por Singularidades= 1.28 m

La suma de las pérdidas de carga por longitud más las pérdidas en singularidades permite obtener la pérdida total de carga:

H total= 8.90 m + 1.28 m + 2.62 m

H total= 12.81 m

Potencia de la Bomba

Luego de que se conoce el valor de la pérdida total de carga en la impulsión y en la succión se puede establecer la potencia requerida por la bomba mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q \text{ x } H}{75 \text{ x } \eta}$$

Por lo tanto, la potencia de bombeo es:

$$P = \frac{3{,}79 \text{ x} 12{,}81}{75 \text{ x } 0{,}70}$$

P= 0.92 HP

Nota: Debido a que en el mercado no existe esta denominación comercial se implementa una bomba de **1 HP** de potencia

Diseño de la Bomba de Transferencia del Agua Producto

La bomba de transferencia del agua producto está diseñada para conducir el agua tratada por la unidad de ósmosis inversa hacia los tanques elevados para su posterior distribución.

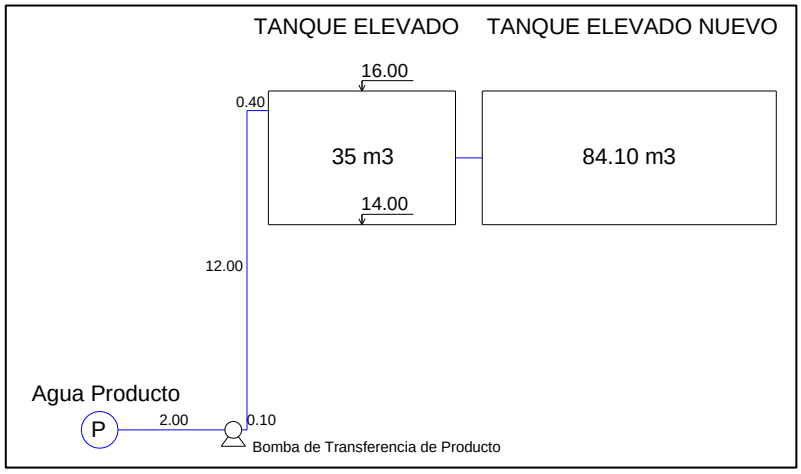


Gráfico 19. Diagrama de funcionamiento de la bomba de transferencia

Para el diseño de la bomba se considera el volumen consumido por la población de diseño en 24 horas:

Caudal de Diseño=	327.52	m^3/día
Volumen consumido en 24 horas =	327.52	m^3

Diámetro interno de la tubería de succión

El diámetro de la tubería de succión es el siguiente:

$$d = 1{,}1284 \text{ x } \left(\frac{Q}{V}\right)^{1/2}$$

$$d = 1{,}1284 \text{ x } \left(\frac{0{,}00379}{1{,}5}\right)^{1/2}$$

d= 0.0567 m
d= 56.73 mm
d= 63 mm (Diámetro comercial)

Diámetro interno de la tubería de impulsión

El diámetro de la tubería de impulsión es:

$$D = K \text{ x } (Q)^{1/2}$$

$$D = 1{,}0 \text{ x } (0{,}00379)^{1/2}$$

D= 0.062 m
D= 61.57 mm
D= 75 mm (Diámetro comercial)

Cálculo de la Velocidad

Una vez determinados los diámetros de la tubería de impulsión y succión es necesario recalcular la velocidad de conducción del agua a través del sistema, considerando el mayor diámetro:

$$V = \frac{4 \text{ x } Q}{\pi \text{ x } D^2}$$

$$V = \frac{4 \text{ x } 0{,}00379}{\pi \text{ x } (0{,}075)^2}$$

V= 0.86 m/seg

Cálculo de las Longitudes equivalentes

Previo al cálculo de la pérdida de carga por longitud se requiere conocer los valores de longitud equivalente de cada una de las singularidades en la tubería de succión e impulsión:

$$L_e = \left(A \text{ x } \left(\frac{d}{25{,}4}\right) \pm B\right) \text{x } \left(\frac{120}{C}\right)^{1{,}8519}$$

- Factores A y B según el tipo de accesorio:

Tabla 64. Factores A y B para accesorios de succión de la bomba del agua producto

	Factor A	Factor B
1 Unión	0.15	0.01
1 Válvula de retención	3.20	0.03

Tabla 65. Factores A y B para accesorios de impulsión de la bomba del agua producto

	Factor A	Factor B
1 Unión	0.15	0.01
1 Válvula con pie de criba	6.38	0.40
2 Codos de 90°	0.52	0.04
1 Reducción	0.15	0.01

- Longitudes equivalentes de los accesorios de succión:

Unión

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.25 m

Válvula de retención

$$L_e = \left(3{,}20 \text{ x } \left(\frac{63}{25{,}4}\right) + 0{,}03\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 5.27 m

- Longitudes equivalentes de los accesorios de impulsión:

Unión

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.30 m

Válvula con pie de criba

$$L_e = \left(6{,}38 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}40\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 12.73 m

Codo de 90°

$$L_e = \left(0{,}52 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}04\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 1.04 m

Reducción

$$L_e = \left(0{,}15 \text{ x } \left(\frac{75}{25{,}4}\right) + 0{,}01\right) \text{x } \left(\frac{120}{150}\right)^{1{,}8519}$$

Le= 0.30 m

Pérdidas en la impulsión y succión

La pérdida de carga por longitud es la siguiente:

$$h_f = m \text{ x } L \text{ x } \left(\frac{V^{1,75}}{D^{1,75}}\right)$$

$$h_f = 0{,}00054 \text{ x } (0{,}25 + 5{,}27 + 0{,}30 + 12{,}73 + (2 \text{ x } 1{,}04) + 0{,}30 + 2{,}00 + 0{,}10 + 12{,}00 + 0{,}40 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^{1,75}}{0{,}075^{1,75}}\right)$$

h_f= 1.36 m

Pérdidas en Singularidades

Se calcula mediante la fórmula experimental expresada a continuación:

$$h = K \text{ x } \left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

Los valores del coeficiente “K” para cada caso son:

Tabla 66. Coeficientes “K” para accesorios de succión de la bomba de agua producto

	Valores de K
Unión	0.30
Válvula de retención	2.00

Tabla 67. Coeficientes “K” para accesorios de impulsión de la bomba de agua producto

	Valores de K
Unión	0.30
Válvula con pie de criba	10.00
Codo de 90	0.90
Reducción	1.80

- Pérdidas por singularidades en la succión:

Unión

$$h = 0{,}30 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Válvula de retención

$$h = 2{,}00 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.08 m

- Pérdidas por singularidades en la impulsión:

Unión

$$h = 0{,}30 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.01 m

Válvula con pie de criba

$$h = 10 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.38 m

Codo de 90°

$$h = 0{,}90 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.03 m

Reducción

$$h = 1{,}80 \text{ x } \left(\frac{0{,}86^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right)$$

h= 0.07 m

Pérdida Total por Singularidades= 0.61 m

La suma de las pérdidas de carga por longitud más las pérdidas en singularidades permite obtener la pérdida total de carga:

H total= 1.36 m + 0.61 m + 12.00 m

H total= 13.97 m

Potencia de la Bomba

Luego de que se conoce el valor de la pérdida total de carga en la impulsión y en la succión se puede establecer la potencia requerida por la bomba mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q \text{ x } H}{75 \text{ x } \eta}$$

Por lo tanto, la potencia de bombeo es:

$$P = \frac{3{,}79 \text{ x} 13.97}{75 \text{ x } 0{,}70}$$

P= 1.01 HP

Nota: Debido a que en el mercado no existe esta denominación comercial se implementa una bomba de **1 HP** de potencia

3.2.10 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento del agua durante las diferentes etapas del proceso de desalinización se requiere de reservorios de hormigón armado de sección cuadrada.

En la actual planta de tratamiento existe una cisterna de 80 m^3 en donde se almacena el agua captada por el pozo profundo que circula por la torre de aireación, la misma que luego es conducida a un tanque elevado para su posterior distribución.

Según la sección 5.5.1 del CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL DE LA NORMA CPE INEN, la capacidad del almacenamiento en una planta de tratamiento será el 50% del volumen medio diario futuro. En ningún caso, el volumen de almacenamiento será inferior a 10 m^3.

En el caso del presente diseño se requiere almacenar un volumen medio diario de 238.20 m^3/día, del cual el 50% (119.10 m^3/día) se derivará a la cisterna y el otro 50% restante al tanque elevado.

Debido a que la capacidad de la cisterna y el tanque elevado construidos en la actual planta no es la suficiente para almacenar el total de volumen producido se necesita diseñar tanques de almacenamiento complementarios. El volumen de los reservorios a construir serán los siguientes:

Volumen total de la cisterna=	119.10	m^3
Volumen de la cisterna existente=	80	m^3

Volumen de la cisterna a construir=	**39.10**	**m^3**
Volumen total del tanque elevado=	119.10	m^3
Volumen del tanque elevado existente=	35	m^3
Volumen del tanque elevado a construir=	**84.10**	**m^3**

La cisterna de 39.10 m^3 será construida para almacenar el agua de alimentación y ser llevada hacia los procesos de filtración. Además se construirá una segunda cisterna de 119.10 m^3 para la adición de químicos.

El tanque elevado de 84.10 m^3 servirá para la recolección del agua producto del proceso de desalinización, que luego será conducida hacia la red de distribución.

Dimensionamiento de la Cisterna 1

Volumen del agua a almacenar= 39.10 m^3

Inicialmente se asume un valor de la altura que alcanzará el agua:

$$h= 2.50 \text{ m}$$

Se consideran una cisterna de lados iguales:

$$A= V/h$$

$$a \times b = V/h \; ; \; a= b$$

$$a^2= V/h$$

$$\mathbf{a= (V/h)^{0.5} = 3.95 \ m \approx 4 \ m}$$

La distancia vertical recomendable entre la superficie del agua y la parte inferior de la tapa de la cisterna es de 30 o 40 cm. Por lo que la altura de la cisterna será:

$$H= 2.50 + 0.40 = \mathbf{2.90 \ m}$$

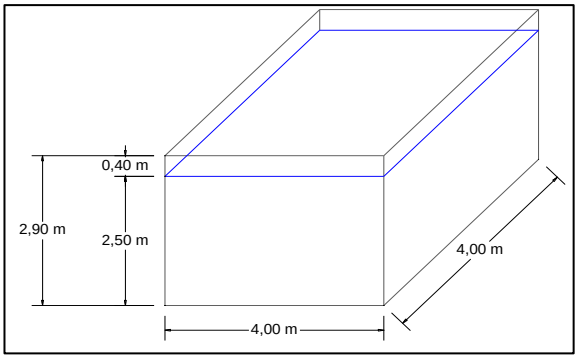


Gráfico 20. Dimensiones de la Cisterna 1

Dimensionamiento de la Cisterna 2

Volumen del agua a almacenar= 119.10 m^3

Inicialmente se asume un valor de la altura que alcanzará el agua:

h= 2.60 m

Se consideran una cisterna de lados iguales:

$$A= V/h$$

$$a \times b = V/h \; ; \; a= b$$

$$a^2= V/h$$

$$\mathbf{a= (V/h)^{0.5} = 6.77 \ m \approx 6.80 \ m}$$

La distancia vertical recomendable entre la superficie del agua y la parte inferior de la tapa de la cisterna es de 30 o 40 cm. Por lo que la altura de la cisterna será:

H= 2.60+ 0.40 = **3.00 m**

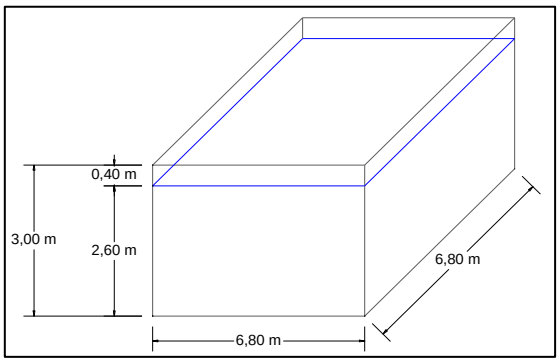


Gráfico 21. Dimensiones de la Cisterna 2

Dimensionamiento del Tanque Elevado

Volumen del agua a almacenar= 84.10 m^3

Inicialmente se asume un valor de la altura que alcanzará el agua:

h= 2.10 m

Se consideran una cisterna de lados iguales

$$A= V/h$$

$$a \times b = V/h \; ; \; a = b$$

$$a^2 = V/h$$

$$\mathbf{a = (V/h)^{0.5} = 6.33 \ m \approx 6.35 \ m}$$

La distancia vertical recomendable entre la supeficie del agua y la parte inferior de la tapa de la cisterna es de 30 o 40 cm. Por lo que la altura de la cisterna será:

$$H = 2.10 + 0.40 = \mathbf{2.50 \ m}$$

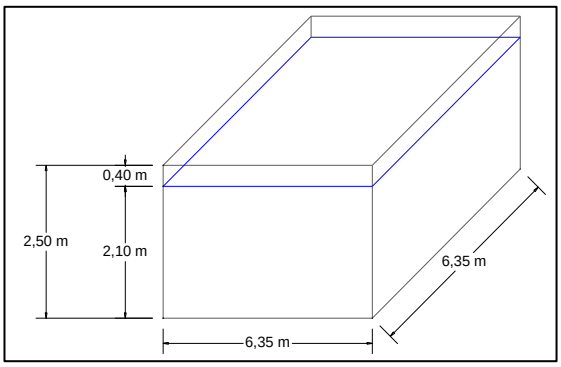


Gráfico 22. Dimensiones del tanque elevado

3.2.11 EMISARIO DE SALMUERA

El sistema de ósmosis inversa además de producir un flujo de permeado (agua pura) genera también un flujo de rechazo (salmuera), es decir agua con altas concentraciones de sales resultante del trabajo de las membranas.

En este caso el agua de rechazo será utilizada por un sistema de recuperación de energía, explicado anteriormente, para disminuir el consumo energético del sistema. Una vez aprovechada el agua de rechazo debe ser evacuada mediante un emisario.

El vertido de la salmuera se lo realizará en mar abierto, mediante una tubería de poliéster reforzado en fibra de vidrio (PRFV) de alta densidad que será instalada desde el sistema de recuperación de energía hasta una distancia de 100 m desde la línea de costa. La longitud total de la tubería será de 200 m desde la planta de desalinización, y su diámetro será tal que permita que la velocidad de conducción de la salmuera sea de 1.2 m/seg, en lámina libre.

En el punto de descarga del vertido se colocarán eductores tipo venturi de acero inoxidable resistente a la corrosión y abrasión. Estos dispositivos succionan aire o agua para mezclarlo con el agua de rechazo, con la finalidad de bifurcar el flujo para que la dilución de la concentración salina sea mucho más rápida, minimizando el impacto al entorno marino.

3.2.12 MANTENIMIENTO

Un mantenimiento periódico a las diferentes etapas del sistema de desalinización es necesario para evitar posibles daños permanentes de los equipos además de garantizar el cumplimiento de su vida útil. Mediante un mantenimiento adecuado se reducirá el número de averías, paradas imprevistas y emergencias que pueden afectar a la producción de la planta de desalinización.

Las tareas de mantenimiento deben ser generales a nivel de todo el sistema, y específicas, poniendo especial atención en los equipos de filtración y ósmosis inversa. La frecuencia con que se realicen dichas tareas puede variar de acuerdo al funcionamiento y requerimientos de la planta.

Los procesos de mantenimiento se clasifican de acuerdo a las tareas realizadas y pueden ser: Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

- Mantenimiento preventivo: Se realizan procesos de inspección y reemplazo de los diferentes elementos de las unidades del sistema de desalinización de acuerdo a su deterioro. Se incluyen tareas como revisión de bombas, calibrado de sensores, limpieza de las unidades, reparación de válvulas, limpieza de cisternas y tanques de almacenamiento, entre otras.

- Mantenimiento preventivo: Implica tareas realizadas durante el funcionamiento de los equipos, analizando sus parámetros mecánicos con el fin de localizar posibles daños o alteraciones. Puede incluir actividades como: revisión de bombas y turbinas, inspección de la soldadura de equipos, análisis de la producción de las unidades del sistema, entre otras.

- Mantenimiento correctivo: Aplicado para modificar el funcionamiento de los equipos con el fin de mejorar su eficiencia. Su frecuencia debe ser la menor posible.

3.2.12.1 MANTENIMIENTO DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

Para garantizar el rendimiento de la unidad de ósmosis inversa es necesario realizar un proceso de lavado de membranas adecuado, recuperando así las condiciones iniciales de las mismas que se vieron afectadas por el ensuciamiento producido por agentes incrustantes en el flujo de alimentación.

Una vez que se produce la contaminación de la membrana es necesario su pronto lavado para restaurar su producción inicial, ya que si se continúa trabajando bajo estas condiciones el daño causado puede ser irreversible, ya que se produce una obstrucción significativa que impide que el lavado sea efectivo.

La frecuencia de limpieza debe ser tal que no produzca su temprano deterioro. Si el lavado es constante se acelera el daño de las membranas, disminuyendo su vida útil,

por esta razón se recomienda que el agua de alimentación sea conducida por un pretratamiento eficiente que logre remover todo componente potencialmente contaminante, con lo que se disminuye la frecuencia de lavado de las membranas.

En el presente diseño se incluye un sistema de limpieza de membranas de ósmosis inversa, detallado anteriormente, que funciona conjuntamente con la unidad de desalinización y que realiza el lavado de las membranas en los periodos necesarios.

PRESUPUESTO

PROYECTO: ESTUDIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE DESALINIZACIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL POZO EXISTENTE EN LA ISLA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO

PRESUPUESTO REFERENCIAL

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	CISTERNAS (119,10m3 y 39,10m3)				
1.00	Limpieza y trazado de terreno	m2	62.24	2.51	156.22
2.00	Excavación manual en isla	m3	186.72	12.77	2,384.41
3.00	Relleno compactado con material de sitio	m3	18.67	9.53	177.93
4.00	Entibado de madera (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	m2	64.80	19.66	1,273.97
5.00	Replantillo de piedra bola	m3	12.45	36.27	451.56
6.00	Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	m3	6.22	233.99	1,455.42
7.00	Hormigón simple en cisterna f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	49.22	241.62	11,892.54
8.00	Enlucido de paredes de cisterna (incluye impermeabilizante)	m2	183.84	14.86	2,731.86
9.00	Tapa de cisterna	u	1.00	90.95	90.95
10.00	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	15.56	31.31	487.18
	TANQUE ELEVADO DE HORMIGÓN ARMADO				
11.00	Limpieza y trazado de terreno	m2	40.32	2.51	101.20
12.00	Excavación manual en isla	m3	16.00	12.77	204.32
13.00	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	2.00	31.31	62.62
14.00	Replantillo de piedra bola	m3	4.00	36.27	145.08
15.00	Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	m3	0.40	233.99	93.60
16.00	Hormigón simple en plinto f´c=210 kg/cm2	m3	8.00	241.62	1,932.96
17.00	Hormigón simple en columnas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	4.90	302.45	1,482.01
18.00	Hormigón simple en vigas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	21.00	360.51	7,570.71
19.00	Hormigón simple en losa f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	12.80	340.35	4,356.48
20.00	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2 (cisterna - tanque elevado)	kg	8,664.30	3.09	26,772.69
21.00	Enlucido de paredes de tanque elevado (incluye impermeabilizante)	m2	103.82	14.86	1,542.77
22.00	Cubierta con estructura metalica	m2	40.32	56.98	2,297.43
23.00	Pintura de caucho vinil acrilica	m2	63.50	8.46	537.21
24.00	Escalera marinera metalica ext. Tubo galv. Poste 2"	ml	10.00	86.91	869.10
25.00	Castillo de caña-madera area (5,00x5,00)mts	m2	80.00	23.76	1,900.80
	EQUIPO - ACCESORIOS				
26.00	Suministro e Instalación de Unidad de OL Modelo 100L, 100000 USGPD (379 m3/dia) (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	u	1.00	191,455.56	191,455.56
27.00	Suministro e Instalación de Sistema de Filtración Multimedia (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	u	4.00	33,402.09	133,608.36
28.00	Suministro e instalacion de Sistema de Microfiltración (incluye transporte en Bote)	u	1.00	8,373.16	8,373.16
29.00	Suministro e instalacion de Sistema de Limpieza (incluye transporte en Bote)	u	1.00	18,350.46	18,350.46
30.00	Suministro e instalacion de Filtro de retrolavado del sistema de limpieza (incluye transporte en Bote)	u	1.00	2,560.40	2,560.40
31.00	Suministro e instalacion de Sistema de Dosificación Química (incluye transporte en Bote)	u	1.00	4,238.13	4,238.13
32.00	Suministro e instalacion de insumos para el sistema de Microfiltración (incluye transporte en Bote)	u	1.00	1,924.17	1,924.17
33.00	Suministro e instalacion de insumos para el sistema de retrolavado (incluye transporte en Bote)	u	1.00	151.38	151.38
34.00	Suministro e instalacion de insumos para el sistema de limpieza (incluye transporte en Bote)	u	1.00	4,313.37	4,313.37
35.00	Suministro e instalacion de insumos para el sistema de dosificación quimica (incluye transporte en Bote)	u	1.00	13,209.36	13,209.36

36.00	Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 63 mm	m	17.00	9.61	163.37
37.00	Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 75 mm	m	35.75	11.05	395.04
38.00	Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 100 mm	m	11.61	11.97	138.97
39.00	Suministro e Instalación de bomba de 2 HP	u	1.00	826.56	826.56
40.00	Suministro e Instalación de bomba de 1 HP	u	2.00	499.60	999.20
41.00	Suministro e Instalación de valvula con pie de criba 2"	u	3.00	48.69	146.07
42.00	Suministro e Instalación de valvula con pie de criba 3"	u	2.00	70.44	140.88
43.00	Suministro e Instalación de valvula de retención 2"	u	2.00	34.54	69.08
44.00	Suministro e Instalación de valvula de retención 3"	u	2.00	50.47	100.94
45.00	Suministro e Instalación de valvula mariposa 2"	u	2.00	50.47	100.94
46.00	Suministro e Instalación de valvula mariposa 3"	u	2.00	67.27	134.54
47.00	Suministro e Instalación de Codo PVC 90° 4"	u	8.00	11.13	89.04
48.00	Suministro e Instalación de Codo PVC 90° 2"	u	12.00	8.03	96.36
49.00	Suministro e Instalación de llave compuerta 2"	u	2.00	59.38	118.76
50.00	Suministro e Instalación de llave compuerta 3"	u	2.00	96.34	192.68
	CERRAMIENTO				
51.00	Limpieza y trazado de terreno	m2	74.68	2.51	187.45
52.00	Excavación manual en isla	m3	59.74	12.77	762.88
53.00	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	18.67	31.31	584.56
54.00	Replantillo de piedra bola	m3	14.94	36.27	541.87
55.00	Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	m3	2.20	233.99	514.78
56.00	Hormigón simple en plinto f´c=210 kg/cm2	m3	5.50	241.62	1,328.91
57.00	Hormigón simple en columnas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	2.64	302.45	798.47
58.00	Hormigón simple en riostra f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	2.99	355.71	1,063.57
59.00	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	kg	871.42	3.09	2,692.69
60.00	Mamposteria de bloque 7cm	m2	210.84	28.32	5,970.99
61.00	Enlucido de paredes	m2	224.04	13.45	3,013.34
62.00	Puerta de ingreso principal	u	1.00	424.18	424.18
TOTAL					**470,751.49**

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PRECIO TOTAL: CUATROCIENTOS SETENTA MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y UNO, CON 49/100 DOLARES AMERICANOS

Machala, octubre de 2015
Lugar y fecha

ANDREA VIVANCO ALBARRACÍN
EGRESADA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO

RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	duración	TIEMPO EN (SEMANAS, MESES)															%
					PRIMER MES				SEGUNDO MES				TERCER MES				CUARTO MES			
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
CISTERNAS (119,10m3 y 39,10m3)																					
Limpieza y trazado de terreno	62.24	2.51	156.22	3.00	156.22																100.00
Excavación manual en isla	186.72	12.77	2384.41	7.00	2384.41																98.39
Relleno compactado con material de sitio	18.67	9.53	177.93	7.00	177.93																96.77
Entibado de madera (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	64.80	19.66	1273.97	7.00	1273.97																95.16
Replantillo de piedra bola	12.45	36.27	451.56	7.00		451.56															93.55
Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	6.22	233.99	1455.42	7.00		1455.42															91.94
Hormigón simple en cisterna f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	49.22	241.62	11892.54	7.00			11892.54														90.32
Enlucido de paredes de cisterna (incluye impermeabilizante)	183.84	14.86	2731.86	7.00			2731.86														88.71
Tapa de cisterna	1.00	90.95	90.95	7.00			90.95														87.10
Relleno compactado con material de mejoramiento	15.56	31.31	487.18	7.00			487.18														85.48
TANQUE ELEVADO DE HORMIGÓN ARMADO																					
Limpieza y trazado de terreno	40.32	2.51	101.20	7.00					101.20												83.87
Excavación manual en isla	16.00	12.77	204.32	7.00					204.32												82.26
Relleno compactado con material de mejoramiento	2.00	31.31	62.62	7.00					62.62												80.65
Replantillo de piedra bola	4.00	36.27	145.08	7.00					145.08												79.03
Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	0.40	233.99	93.60	7.00						93.60											77.42
Hormigón simple en plinto f´c=210 kg/cm2	8.00	241.62	1932.96	7.00						1932.96											75.81
Hormigón simple en columnas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	4.90	302.45	1482.01	7.00							1482.01										74.19
Hormigón simple en vigas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	21.00	360.51	7570.71	7.00							7570.71										72.58
Hormigón simple en losa f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	12.80	340.35	4356.48	7.00									4356.48								70.97
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2 (cisterna - tanque elevado)	8664.30	3.09	26772.69	21.00							16063.61		10709.08								69.35
Enlucido de paredes de tanque elevado (incluye impermeabilizante)	103.82	14.86	1542.77	7.00									1542.77								67.74
Cubierta con estructura metalica	40.32	56.98	2297.43	7.00									2297.43								66.13
Pintura de caucho vinil acrilica	63.50	8.46	537.21	7.00									537.21								64.52
Escalera marinera metalica ext. Tubo galv. Poste 2"	10.00	86.91	869.10	7.00									869.10								62.90
Castillo de caña-madera area (5,00x5,00)mts	80.00	23.76	1900.80	7.00							1900.80										61.29

EQUIPO - ACCESORIOS									
Suministro e Instalación de Unidad de OL Modelo 100L, 100000 USGPD (379 m3/dia) (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	1.00	191455.56	191455.56	30.00			191455.56		59.68
Suministro e Instalación de Sistema de Filtración Multimedia (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	4.00	33402.09	133608.36	30.00			133608.36		58.06
Suministro e instalacion de Sistema de Microfiltración (incluye transporte en Bote)	1.00	8373.16	8373.16	7.00				8373.16	56.45
Suministro e instalacion de Sistema de Limpieza (incluye transporte en Bote)	1.00	18350.46	18350.46	7.00				18350.46	54.84
Suministro e instalacion de Filtro de retrolavado del sistema de limpieza (incluye transporte en Bote)	1.00	2560.40	2560.40	7.00				2560.40	53.23
Suministro e instalacion de Sistema de Dosificación Química (incluye transporte en Bote)	1.00	4238.13	4238.13	7.00				4238.13	51.61
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de Microfiltración (incluye transporte en Bote)	1.00	1924.17	1924.17	7.00		Curva de Inversión Programada		1924.17	50.00
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de retrolavado (incluye transporte en Bote)	1.00	151.38	151.38	7.00				151.38	48.39
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de limpieza (incluye transporte en Bote)	1.00	4313.37	4313.37	7.00				4313.37	46.77
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de dosificación quimica (incluye transporte en Bote)	1.00	13209.36	13209.36	7.00				13209.36	45.16
Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 63 mm	17.00	9.61	163.37	7.00				163.37	43.55
Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 75 mm	35.75	11.05	395.04	7.00				395.04	41.94
Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 100 mm	11.61	11.97	138.97	7.00				138.97	40.32
Suministro e Instalación de bomba de 2 HP	1.00	826.56	826.56	7.00				826.56	38.71
Suministro e Instalación de bomba de 1 HP	2.00	499.60	999.20	7.00				999.20	37.10
Suministro e Instalación de valvula con pie de criba 2"	3.00	48.69	146.07	7.00				146.07	35.48
Suministro e Instalación de valvula con pie de criba 3"	2.00	70.44	140.88	7.00				140.88	33.87
Suministro e Instalación de valvula de retención 2"	2.00	34.54	69.08	7.00				69.08	32.26
Suministro e Instalación de valvula de retención 3"	2.00	50.47	100.94	7.00				100.94	30.65
Suministro e Instalación de valvula mariposa 2"	2.00	50.47	100.94	7.00				100.94	29.03
Suministro e Instalación de valvula mariposa 3"	2.00	67.27	134.54	7.00				134.54	27.42
Suministro e Instalación de Codo PVC 90° 4"	8.00	11.13	89.04	7.00				89.04	25.81
Suministro e Instalación de Codo PVC 90° 2"	12.00	8.03	96.36	7.00				96.36	24.19
Suministro e Instalación de llave compuerta 2"	2.00	59.38	118.76	7.00				118.76	22.58
Suministro e Instalación de llave compuerta 3"	2.00	96.34	192.68	7.00				192.68	20.97

CERRAMIENTO									
Limpieza y trazado de terreno	74.68	2.51	187.45	7.00				187.45	19.35
Excavación manual en isla	59.74	12.77	762.88	7.00				762.88	17.74
Relleno compactado con material de mejoramiento	18.67	31.31	584.56	7.00				584.56	16.13
Replantillo de piedra bola	14.94	36.27	541.87	7.00				541.87	14.52
Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	2.20	233.99	514.78	7.00				514.78	12.90
Hormigón simple en plinto f´c=210 kg/cm2	5.50	241.62	1328.91	7.00				1328.91	11.29
Hormigón simple en columnas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	2.64	302.45	798.47	7.00				798.47	9.68
Hormigón simple en riostra f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	2.99	355.71	1063.57	7.00				1063.57	8.06
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	871.42	3.09	2692.69	7.00				2692.69	6.45
Mamposteria de bloque 7cm	210.84	28.32	5970.99	14.00				5970.99	4.84
Enlucido de paredes	224.04	13.45	3013.34	7.00				3013.34	3.23
Puerta de ingreso principal	1.00	424.18	424.18	7.00				424.18	1.61
INVERSIÓN MENSUAL	**TOTAL**		**470,751.49**		21102.04	29556.91	345375.99	74716.55	
AVANCE PARCIAL EN %					4.48%	6.28%	73.37%	15.87%	
INVERSIÓN ACUMULADA					21102.04	50658.95	396034.94	470751.49	
AVANCE ACUMULADO EN %					4.48%	10.76%	84.13%	100.00%	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El sistema de tratamiento del agua captada por el pozo profundo ubicado en la Isla Jambelí es ineficiente ya que el agua abastecida a la población presenta altas cantidades de sólidos totales disueltos (TDS), además de concentraciones elevadas de sales y otros componentes, por lo que no cumple con los parámetros para ser considerada apta para el consumo humano.

- El tratamiento actual del agua captada consiste únicamente en un sistema de aireación, que disminuye las cantidades de hierro presentes, sin embargo no es eficaz en la remoción de sales y sólidos disueltos, por lo que es necesarios implementar sistemas de pretratamiento complementarios.

- Debido a la falta de abastecimiento de agua dulce, la población de la Isla Jambelí recurre a la compra de bidones y tanques con agua desde los puertos cercanos, lo que resulta costoso, en especial para una comunidad con bajos recursos económicos.

- Se analizaron diversas alternativas que logren solucionar el problema de salinidad del agua captada por el pozo, optándose por el proceso de desalinización por Ósmosis Inversa con un pretratamiento poco convencional que incluye sistemas de Filtración Multimedia y Microfiltración, incluidos con el fin de minimizar las altas cantidades de sólidos disueltos presentes en el agua de alimentación.

- Mediante un análisis de los costos que implica la alternativa de desalinización adoptada se pudo determinar que el sistema a implementar es factible económicamente ya que el costo por m^3 de agua producida por la planta es mucho menor al costo actual.

- La implementación del sistema de desalinización representará un ahorro en la economía de los habitantes de la Isla Jambelí, ya que el abastecimiento de agua potable se lo realizará mediante recursos del lugar, prescindiendo de la compra de bidones y tanques desde pueblos aledaños.

- La planta de desalinización producirá un caudal de diseño de 327.52 m^3/día necesarios para abastecer a una población de 2578 habitantes, en la que se incluye la población flotante que visita frecuentemente la isla.

- En el diseño se detallaron las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos de filtración, unidades de desalinización, sistemas de recuperación de energía y de limpieza que se implementarán en la planta, así como también el dimensionamiento de los tanques de almacenamiento, bombas, tuberías y accesorios necesarios para el funcionamiento del sistema.

RECOMENDACIONES

- La instalación de los equipos de la planta de desalinización debe ser realizada por un equipo de profesionales calificados y certificados por la empresa proveedora del sistema para evitar fallas en el futuro funcionamiento de los mismos y la garantía técnica respectiva.

- Se debe efectuar el mantenimiento adecuado de las unidades del sistema según el periodo determinado, logrando una óptima producción de la planta de desalinización y evitando el daño permanente de los equipos.

- Se recomienda incorporar en el diseño un sistema de recuperación de energía que permita minimizar el alto consumo energético de la planta de desalinización, disminuyendo así el costo del agua producto.

- El sistema de desalinización debe ser administrado por personal capacitado, que incluya un jefe de planta, un jefe de laboratorio y operadores, con el fin de supervisar el funcionamiento de los equipos y realizar reparaciones en caso que sea necesario.

- Los equipos deben ser monitoreados constantemente para detectar cambios en su funcionamiento que pueden ser señal de posibles daños en el sistema, y así ser reparados en el tiempo pertinente.

- Debido a la rápida corrosión producida por las características naturales del lugar, se sugiere que todos los equipos de pretratamiento y desalinización se encuentren en lugares protegidos y cubiertos, y así evitar que se vean afectados por la presencia de sol, lluvias o fuertes vientos.

- Una vez implementada la planta de desalinización se recomienda considerar dentro del costo del agua producto, una tarifa adicional en caso de imprevistos en el funcionamiento de los equipos.

- Se sugiere realizar frecuentes controles de la calidad del agua, tanto en la alimentación como en la producción, para garantizar su abastecimiento eficiente y en condiciones aptas para su consumo.

SISTEMAS DE REFERENCIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lechuga A. Jorge, Rodríguez Maricela y Lloveras M. Joaquim. Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY (Internet). 2007. (citado el 30 de Julio del 2015); 11(3): 5-14, Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/467/46711301.pdf

2. Datos de id_document=966 saneamiento]. Programa de Monitoreo Conjunto OMS/UNICEF para agua potable y saneamiento (Joint Monitoring Program for Water and Sanitation/2010).

3. Agua Potable y Alcantarillado para Erradicar la Pobreza en el Ecuador. Senplades, Secretaría Técnica para la Erradicación de la Pobreza, Secretaría Técnica del Agua Banco del Estado; 2014.

4. Dévora Isiordia Germán, González-Enríquez Rodrigo, Ruiz-Cruz Saúl. Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México. Revista Tecnología y Ciencias del Agua (Internet). 2013. (citado el 30 de Julio del 2015); 4(3): 27-46. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/3535/353531983002.pdf

5. Guillemes Peira Ángel, Modelamiento de Sistemas Híbridos para Abastecimiento de energía a una desaladora en las Islas Galápagos. Revista ESPAMCIENCIA (Internet). 2014. (citado el 30 de Julio del 2015); 5(2): 89-95. Disponible en: http://espam.edu.ec/revista/index.php?pagina=articulo&num_art=51&num_volumen=1&V=5&N=2&A=2014&M=Diciembre

6. Subirachs Sánchez Gerard, Oliver Pujol Ramón y Estrany Francesc. Planta desalinizadora de agua de mar de 500 m^3 diarios de capacidad que funciona mediante ósmosis inversa, Técnica industrial (Internet), 2010. (citado el 30 de Julio del 2015); 287: 44-49. Disponible en: http://bddoc.csic.es:8080/detalles.html;jsessionid=36EEC91E56E7E226A7866CDE4EE33DCB?id=201782&bd=ICYT&tabla=docu (6)

7. García Molina Verónica, Taub Micha, Yohay Leon, Busch Markus Long term membrane process and performance in Ashkelon Seawater Reverse Osmosis Desalination Plant. Desalination and Water Treatment (Internet). 2011 (citado el 14 de Agosto del 2015); 31(1-3): 115-120. Disponible en: http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2011.2353

8. Teuler Albert, Vega Àlex, Coma Josep, Vidal Daniela, Aumatell Jordi. Operational experience of the brackish water reverse osmosis of the water treatment plant in Sant Joan Despí. Desalination and Water Treatment (Internet). 2013 (citado el 14

de Agosto del 2015); 51(1-3): 140-149. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2012.714638

9. Mohsen Mousa S., Gammoh Salem. Performance evaluation of reverse osmosis desalination plant: A case study of Wadi Ma'in, Zara and Mujib Plant. Desalination and Water Treatment (Internet). 2010 (citado el 14 de Agosto del 2015); 14(1-3): 265-272. Disponible en: http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2010.1876

10. Al-Agha Mohammad R., Mortaja Rafat Sh. Desalination in the Gaza Strip: drinking water supply and environmental impact. Desalination (Internet). 2005 (citado el 14 de Agosto del 2015); 173: 157-171. Disponible en: http://www.sciencedirect.com.sci-hub.org/science/article/pii/S0011916404007064

11. Alawadhi Abdulmajeed Ali. Pretreatment plant design - Key to a successful reverse osmosis desalination plant. Desalination (Internet). 1997 (citado el 14 de Agosto del 2015); 110: 1-10. Disponible en: http://www.sciencedirect.com.sci-hub.org/science/article/pii/S0011916497000799 (11)

12. Dixit Savita, Baredar Prashant, Dixit G. Brackish water treatment using desalinating device for domestic purpose. Desalination and Water Treatment (Internet). 2009 (citado el 14 de Agosto del 2015); 11(1-3): 283-287. Disponible en: http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2009.869

13. Hamouda S. Ben, F. Hasan Akhtar, H. Elfil. Diagnosis of small capacity reverse osmosis unit for desalinated tap water. Desalination and Water Treatment (Internet). 2013 (citado el 14 de Agosto del 2015); 1-9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2013.822334

14. Zhi Michelle Lee Siu, Palmer Andrew, Oliver Grahame & Tjiawi Hendrik. Geothermal desalination in Singapore, The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering (Internet). 2013 (citado el 14 de Agosto del 2015); 6(1): 42-50. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/19373260.2012.724978

15. Feo José, Sadhwani J. Jaime, Alvarez Luis. More efficient production line with Desalination plants using reverse osmosis. Desalination and Water Treatment (Internet). 2013 (citado el 14 de Agosto del 2015); 51(1-3): 307-317 Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2012.713565

16. Ayala Vanesa, Kildea Tim, Artal Javier. Adelaide Desalination Plant outfall diffuser performance validation. Desalination and Water Treatment (Internet). 2014 (citado el 14 de Agosto del 2015); 1-12, Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2014.946729

17. Hermony Avner, Sutzkover-Gutman Iris, Talmi Yonatan, Fine Ofer. Palmachim Seawater desalination plant—seven years of expansions with uninterrupted operation together with process improvements. Desalination and Water Treatment

(Internet). 2014 (citado el 14 de Agosto del 2015); 1-10, Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2014.940207

18. Eddine Moudjeber Djamel, Mahmoudi Hacene, Djennad Mhamed, Sioutopoulos Dimitrios C., Mitrouli Soultana T., Karabelas Anastasios J. Brackish water desalination in the Algerian Sahara—Plant design considerations for optimal resource exploitation. Desalination and Water Treatment (Internet). 2014 (citado el 14 de Agosto del 2015); 52: 4040-4052. Disponible en: http://www.tandfonline.com.sci-hub.org/doi/abs/10.1080/19443994.2013.875947

19. Faigon Miriam, Egozy Yaron, Hefer David , Ilevicky Maya, Pinhas Yossi. Hadera desalination plant two years of operatio. Desalination and Water Treatment (Internet). 2013 (citado el 14 de Agosto del 2015); 51(1-3): 132-139. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2012.701414

20. Kelley Leah, Elasaad Huda, Dubowsky Steven. Autonomous operation and maintenance of smallscale PVRO systems for remote communities. Desalination and Water Treatment (Internet). 2014 (citado el 14 de Agosto del 2015); 1-13. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2014.940650

21. Glueckstern P., Priel M. Optimized brackish water desalination plants with minimum impact on the environment. Desalination (Internet). 1996 (citado el 14 de Agosto del 2015); 108: 19-26. Disponible en: http://www.sciencedirect.com.sci-hub.org/science/article/pii/S0011916497000040

22. Valero Fernando, Barceló Ángel, Medina Ma. Eugenia, Arbós Ramón. Tres años desalando aguas salobres por electrodiálisis reversible en la ETAP del Llobregat-Abrera. Tecnología del Agua (Internet). 2012 (citado el 14 de Agosto del 2015); 338: 24-32. Disponible en: http://blogcdam.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2012/06/TA_338_abril2012.pdf

23. Yabroudi Suher Carolina, Cárdenas Carmen, Aldana Leonardo, Núñez José, Herrera Lenín. Desalinización de agua empleando un Destilador Solar Tubular. Interciencia (Internet). 2011 (citado el 14 de Agosto del 2015); 36(10): 731-737. Disponible: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33921449004

24. Begrambekov L.B., Gordeev A.A., Vergasov S.V., Zakharov A.M. Desalination device for arid areas. Desalination and Water Treatment (Internet). 2011 (citado el 14 de Agosto del 2015); 31(1-3): 387-391. Disponible en: http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2011.2376

25. Medina San Juan Jose Antonio. El Estado Actual de la Desalación en el mundo y su Proyección en el futuro. Desalación. Un mar de Oportunidades (Internet). 2013 (citado el 30 de Agosto del 2015); 1: 22-40. Disponible en: http://www.itson.mx/publicaciones/Documents/rec-nat/desalacion.pdf

26. Greenleea Lauren F., Lawlerb Desmond F., Freemana Benny D., Marrotc Benoit, Moulinc Philippe. Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. Water Research (Internet). 2009 (citado el 30 de Agosto del 2015); 43: 2317- 2348. Disponible en: www.elsevier.com/locate/watres

27. Younos Tamim, Tulou Kimberly E. Overview of Desalination Techniques. Journal of Contemporary Water Research & Education (Internet). 2005 (citado el 30 de Agosto del 2015); 132: 3-10. Disponible en: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1936-704X.2005.mp132001002.x/pdf

28. Dévora Isiordia Germán E., González Enríquez Rodrigo, Ponce Fernández Nora E. Técnicas para Desalinizar agua de mar y su Desarrollo en México. Ra Ximhai (Internet). 2012 (citado el 30 de Agosto del 2015); 8(2): 57-68. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46123333006.

29. Fritzmann C., Löwenberg J., Wintgens T., Melin T. State-of-the-art of reverse osmosis desalination. Desalination (Internet). 2007 (citado el 30 de Agosto del 2015); 216: 1–76. Disponible en: www.elsevier.com/locate/desal

30. Norma para Estudio y Diseño de Sistemas de agua potable y Disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5. Parte 9-1:1992. Primera Edición.

31. Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de abastecimiento de agua potable, Disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5**.** Parte 9.2:1997, Primera revisión. Primera Edición.

32. Arboleda Valencia Jorge. Teoría y Práctica de la purificación del agua, Tomo 2. Tercera Edición. Colombia: Editorial Mc Graw Hill; 2000.

33. Degrémont. Manual Técnico del Agua. Cuarta Edición. España: Urmo S.A. de Ediciones; 1979.

Metcalf & Eddy, Inc. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización, Volumen 1. Tercera Edición. España: Editorial Mc Graw Hill; 1996.

Plan de Desarrollo Estratégico de la Parroquia Jambeli 2010-2025. Gobierno Provincial Autónomo de El Oro. Gobierno Parroquial Jambelí. Actualizacion 2013.

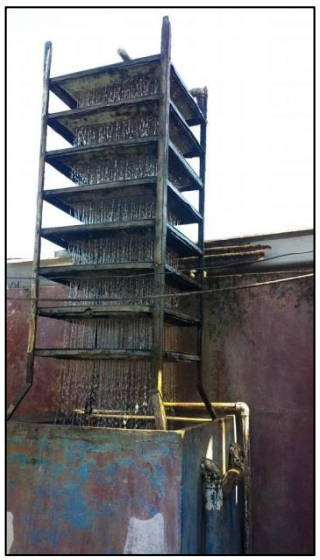
Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Jambelí. Diagnóstico Parroquial. Mayo – 2015

ANEXO A.-
FOTOS PLANTA DE TRATAMIENTO EN LA ISLA JAMBELÍ

PLANTA DE TRATAMIENTO

POZO Y BOMBA HACIA EL TANQUE ELEVADO

TANQUE ELEVADO



AIREACIÓN

CISTERNA DE 80 m^3

ANEXO B.-
ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA

EMAPASR-EP
SANTA ROSA

EMPRESA PUBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
DEL CANTON SANTA ROSA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. "LOS JARDINES"

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

TIPO DE ANALISIS : **FISICO-QUIMICO - MICROBIOLOGICO**
SOLICITANTE **GERENCIA GENERAL**
FECHA DE MUESTREO **17 DE AGOSTO DE 2015**
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA **17 DE AGOSTO DE 2015**
FECHA DE SALIDA DE RESULTADOS **19 DE AGOSTO DE 2015**
NATURALEZA DE LA MUESTRAS **Agua Cruda y Agua Tratada de ISLA JAMBELÍ**
IDENTIFICACION DE LA MUESTRAS **1 - 2**

METODO DE ENSAYO :
Standar Metódo: Espectofotometro DR 2010 -
Sension 378 y Membrana Filtrante

		GUIA DE AGUA TRATADA	RESULTADOS		
		valor guia max	1	2	
PARAMETROS	**UNIDADES**	NORMA NTE INEN 1108	CRUDA JAMBELÍ	TRATADA JAMBELÍ	
Temperatura	ºC	-	**19.8**	**19.8**	
pH		6.5 - 8.5	**7.590**	**8.342**	
Color	Pt-Co	15	**2.0**	**0.0**	
Turbiedad	NTU	5	**1.5**	**0.7**	
Conductividad *	Us/cm	600	**5320**	**5270**	
Solidos Totales Disueltos *	mg/lt	1000	**2790**	**2820**	
Salinidad *	S°/oo	0.5	**2.9**	**2.8**	
Cobre	Cu	2,0	**0.14**	**0.18**	
Fluoruros	F-	1,5	**0.62**	**0.60**	
Cromo Hexavalente	Cr 6+	0,05	**0.01**	**0.001**	
DUREZA TOTAL	CaCO3	300	**570**	**548**	
Hierro Total	Fe^{3+}	0.3	**0.28**	**0.25**	
Nitritos	NO_2^-	0.2	**0.016**	**0.018**	
Nitratos	NO_3^-	50	**1.2**	**1.5**	
Sulfatos	SO_4^{2-}	200	**supera límite**	**supera límite**	
Fosfatos	PO_{4}^{3-}	0.1	**1.60**	**1.65**	
Cloro Libre Residual	Cl_2	0.3 - 1.5	-	-	
Manganeso	Mn	0.4	**0.10**	**0.8**	
COLIFORMES FECALES	ufc/100ml	**<1	**17**	**incontables**	

**** < 1 significa que no se observan colonias**

NOTA: Estos resultados pueden ser sujetos de comparacion siempre y cuando se utilice la misma metodologia usada en este Laboratorio.

Dr. Fernando Ortega Romero
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

EMPRESA PUBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SANTA ROSA
LABORATORIO

ANEXO C.-
PROPUESTA DE UNIDAD DESALINIZADORA

SECTION A

Pricing and Options Summary

Proposal 100L - 2430

Seawater Desalination Plant
Date: 2015-10-04 16:11:16
Project Name: TRABAJO DE TITULACIÃ“N FACULTAD DE INGENIERÃ•A CIVIL
Country: Ecuador
Organization: UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
Contact Name: Andrea Vivanco

Pricing Summary

	Number of Units:	1 unit
	All units in same location?	Yes
	Unit Price (USD)	Extended Price (USD)
Model 100L, *100000 USGPD (379 m3/d), 30000 - 35000 Mg/L Tds*: Base Cost	$120,321	$120,321
High Pressure Piping: 316L Stainless Steel	$0	$0
System Version: Standard	$0	$0
Drive Motor: Standard	$0	$0
Electrical Power Voltage Available at the Plant Site: 380 Volts A/C, Three Phase	$0	$0
Electrical Frequency: 50 Cycles Per Second, Hz	$0	$0
HMI Accessories: Standard	$0	$0
Pretreatment System: Multimedia Filtration System	$20,139	$20,139
Pretreatment System: Micron Filtration System	$5,507	$5,507
Pretreatment System: Bag Filtration System	$4,454	$4,454
Pretreatment System: 12-month Micron Filter Consumables Supply	$1,361	$1,361
Cleaning System: Cleaning System	$10,748	$10,748
Cleaning System: 12-month Cleaning Consumables Supply	$3,171	$3,171
Chemical Dosing: Chemical Dosing System	$3,114	$3,114
Chemical Dosing: 12-month Chemical Dosing Consumables Supply	$9,717	$9,717
Chemical Dosing: 12-month Remineralization consumables supply	$14,828	$14,828
Spare Parts Package: None	$0	$0
ISI On Site Services: Training	$3,170	$3,170
ISI On Site Services: Commissioning	$5,482	$5,482
Total Price (USD)	$202,012	$202,012

Please note:

- All prices are in U.S. Dollars.
- Pricing valid for 30 days after quotation date.
- Unless otherwise agreed in writing, orders are accepted on the condition that delivery will be made at the price current at the date of quotation.
- Standard Shipping Schedule is approximately 16-20 weeks after reciept of order. FOB Facility USA.
- Industrial Services, Inc. reserves the right to correct at any time stenographic or clerical errors contained in any quotation.

Proposal 100L - 2430
Seawater Desalination Plant
Date: 2015-10-04 16:11:16
Project Name: TRABAJO DE TITULACIÃ"N FACULTAD DE INGENIERÃ-A CIVIL
Country: Ecuador
Organization: UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
Contact Name: Andrea Vivanco

Upgrade Options Configuration Summary

Description	Quantity
Seawater RO Membrane Module	
High Pressure Piping: 316L Stainless Steel	1
High Pressure Piping: Duplex 2205	0
High Pressure Piping: Super Duplex Zeron 100	0
System Version: Standard	1
System Version: Premium	0
High Pressure Pump And Energy Recovery Module	
Drive Motor: Standard	1
Drive Motor: Premium Efficiency	0
Winding Heaters: Add Winding Heaters	0
Electrical Power Module	
Electrical Power Voltage Available at the Plant Site: 380 Volts A/C, Three Phase	
Electrical Frequency: 50 Cycles Per Second, Hz	
Power Module Options: 3% Line Reactor	0
Power Module Options: 3% Load Reactor	0

Proposal 100L - 2430
Seawater Desalination Plant
Date: 2015-10-04 16:11:16
Project Name: TRABAJO DE TITULACIÃ"N FACULTAD DE INGENIERÃ•A CIVIL
Country: Ecuador
Organization: UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA
Contact Name: Andrea Vivanco

Upgrade Options Configuration Summary

Description	Quantity
Control System Options	
HMI Accessories: Standard	1
Optional Accessory Systems	
Pretreatment System: Multimedia Filtration System	1
Pretreatment System: Micron Filtration System	1
Pretreatment System: Bag Filtration System	1
Pretreatment System: Media Replacement Supply	0
Pretreatment System: 12-month Micron Filter Consumables Supply	1
Pretreatment System: 12-month Bag Filter Consumables Supply	0
Cleaning System: Cleaning System	1
Cleaning System: Bag Filter Option	0
Cleaning System: 12-month Cleaning Consumables Supply	1
Product Transfer: Product Transfer System	0
Chemical Dosing: Chemical Dosing System	1
Chemical Dosing: Water Remineralization System	0
Chemical Dosing: 12-month Chemical Dosing Consumables Supply	1
Chemical Dosing: 12-month Remineralization consumables supply	1
Additional Options	
Spare Parts Package: None	1
Spare Parts Package: Standard Package	0
Spare Parts Package: Premium Package	0
ISI On Site Services: Training	1
ISI On Site Services: Commissioning	1

SECTION B

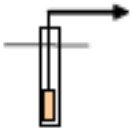
Proposal and Featured Options & Upgrades

SELECTING YOUR RO SYSTEM

Step by Step

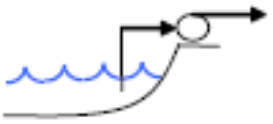
STEP 1: DETERMINE THE TYPE OF INTAKE SYSTEM AND WATER QUALITY

DRILLED INTAKE



OR

OPEN INTAKE

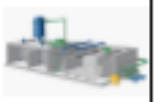


STEP 2: CHOOSE ONE OR MORE PRETREATMENT OPTIONS

MEDIA FILTRATION SYSTEM

MICRON FILTER

DISSOLVED AIR FLOTATION (DAF)*



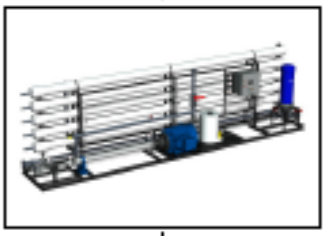
UF FILTER SYSTEM*

AUTOMATIC SCREEN*

BAG FILTER SYSTEM

STEP 3: CHOOSE RO SYSTEM SIZE AND FEATURES

* Contact Factory



STEP 4: ADD SUPPORTING SYSTEMS

RO CLEAN IN PLACE SYSTEM

PRODUCT TRANSFER

CONTROLS OPTIONS

CHEMICAL DOSING

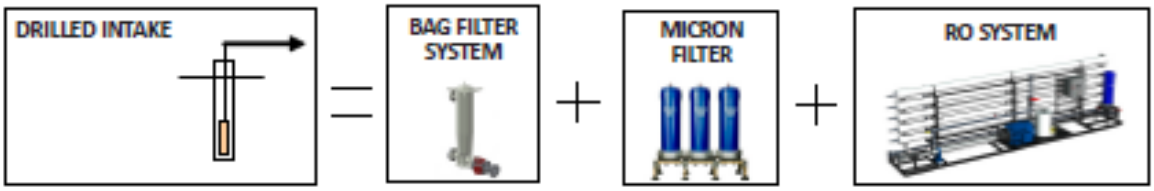
POWER DISTRIBUTION

* This is a visual representation of the general process, not all steps or options are included.

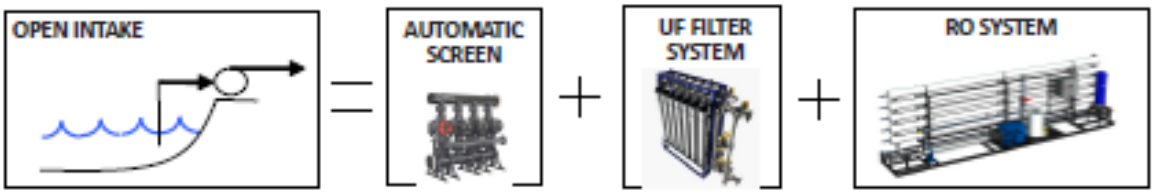
INDUSTRIAL SERVICES, INC.
157 Barber Road, Unit A, St. George , VT 05495 USA • t: 802.482.4006 • f: 802.482.4007 • e: info@desalt.net
Revision 0

RO PROCESS
A Map to Your RO System

WATER TREATMENT EXAMPLE FOR GOOD QUALITY FEED WATER

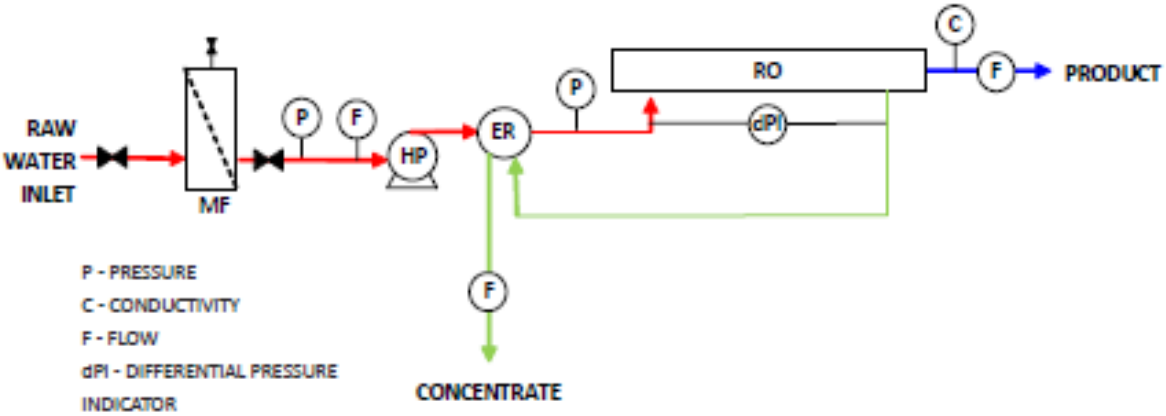


WATER TREATMENT EXAMPLE FOR BAD QUALITY FEED WATER



* These configurations are based on a typical arrangement, actual pretreatment may vary.

TYPICAL PROCESS ARRANGEMENT WITH MICRON FILTER



P - PRESSURE
C - CONDUCTIVITY
F - FLOW
dPI - DIFFERENTIAL PRESSURE INDICATOR
ER - ENERGY RECOVERY
HP - HIGH PRESSURE PUMP
RO - MEMBRANE ARRAY
MF - MICRON FILTER

STANDARD REVERSE OSMOSIS PROCESS CONFIGURATION	
Reverse Osmosis	The following simplified diagram illustrates the general Reverse Osmosis (RO) process including a Micron filter and turbine energy recovery system. This process is the core of the RO system. There are a number of other subsystems that are typically included to support the RO system operation.

ISI SCOPE
What's Included in your RO System

The following items shall be supplied under ISI scope:

(1) High Pressure Pump
(1) Sea Water Reverse Osmosis System
(1) Standard Control System Package
(1) Power Distribution
(1) Any options and upgrades that were selected

The following pretreatment systems are offered as optional. Pricing based on selection

(1) Micron Filter
(1) Multimedia Filtration System
(1) Bag filter
(1) We also provide DAF, Gravity filtration, Automatic Screens, Nano Filtration, and Ultra Filtration Systems. Please Contact Factory

The following accessories are offered as optional: Pricing based on selection

(1) Cleaning System
(1) Product Transfer System
(1) Chemical Dosing System
(1) ERI Pressure Exchanger

Items specifically NOT included by ISI:

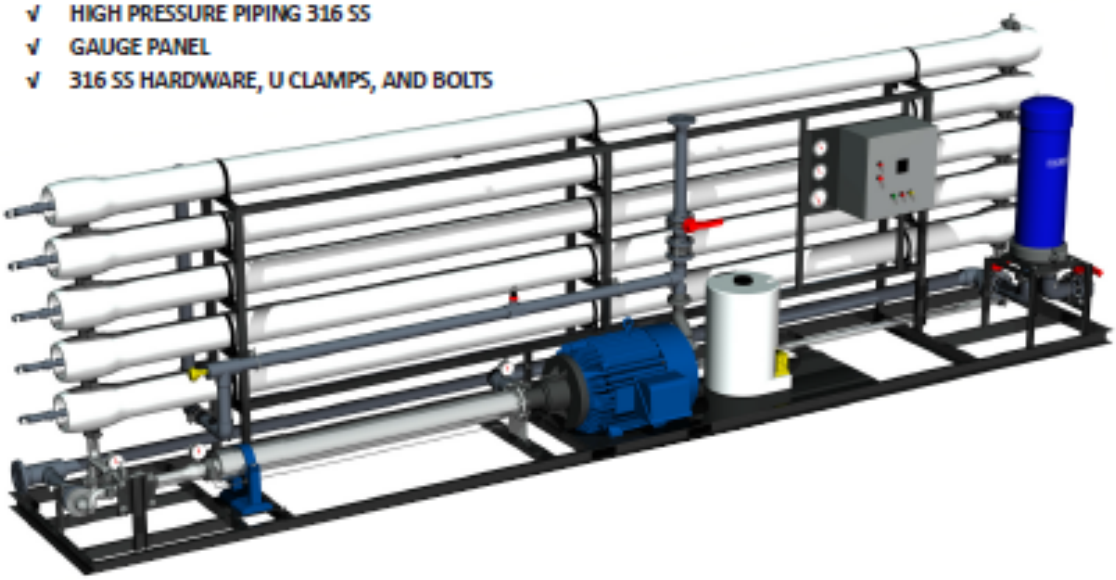
(1) Raw Water Intake Pump. Note that owner/customer shall supply raw water to the plant at a minimum pressure of 60 psi or 4.1 bar.
(1) Raw Water Tank (if any, not required)

The system design requires accurate information on the minimum and maximum design parameters. These might include salinity, temperature, turbidity and other considerations. This proposal is considered a general solution, and may require additional pretreatment and a customized electrical configuration the system is installed. If you require more than a budgetary proposal please contact the factory and have accurate water quality, water source, and other design parameters available.

SEAWATER REVERSE OSMOSIS (SWRO)
Features & Options with Turbine Energy Recovery

Standard Features

- √ URETHANE COATED STRUCTURAL STEEL FRAME
- √ FORK LIFT POCKETS
- √ ANCHOR POINTS
- √ HIGH EFFICIENCY PUMP AND MOTOR
- √ ENERGY RECOVERY TURBINE
- √ CONTROL MARSHALLING CABINET
- √ PRESSURE, FLOW, AND CONDUCTIVITY INSTRUMENTS
- √ EMERGENCY STOP
- √ LOW PRESSURE PIPING SCH80 PVC
- √ HIGH PRESSURE PIPING 316 SS
- √ GAUGE PANEL
- √ 316 SS HARDWARE, U CLAMPS, AND BOLTS
- √ SAMPLE VALVES
- √ CORROSION RESISTANT NON-METALLIC PROCESS VALVES
- √ LOCAL INSTRUMENT DISPLAYS
- √ PLC CONTROLLER WITH LED DISPLAY AND ALARMS
- √ AIR BLEEDS



Optional Features

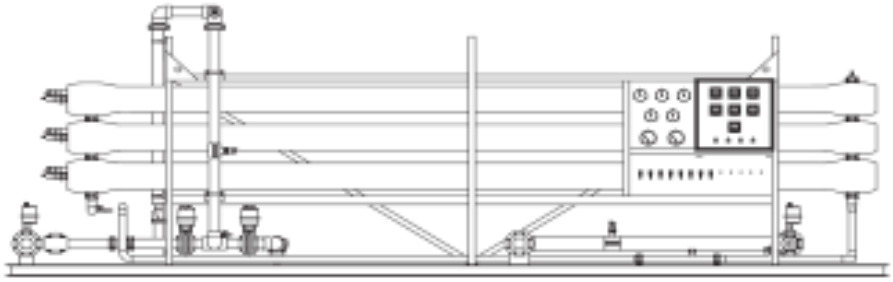
- o SPECIAL COLORS
- o LIFTING LUGS
- o FULLY ENCLOSED STEEL FRAME
- o SKID-MOUNTED CHEMICAL DOSING
- o DUPLEX 2205 OR SUPER DUPLEX 2507 HIGH PRESSURE PIPING
- o AUTOMATIC PRODUCT DIVERT
- o OPERATOR DISPLAY TOUCHSCREEN
- o REMOTE MONITORING
- o AUTOMATION AND VALVE CONTROL
- o LOCAL AND REMOTE POWER DISTRIBUTION
- o MEMBRANE SUPPLIER
- o AUTOMATIC VALVES
- o PREMIUM INSTRUMENT PACKAGE
- o DIFFERENT OPTIONS FOR PUMP CONTROL (VFD, SOFT-START)

INDUSTRIAL SERVICES, INC.
157 Barber Road, Unit A, St. George , VT 05495 USA • t: 802.482.4006 • f: 802.482.4007 • e: info@desalt.net
Revision 0

SPECIFICATION DATA SHEET

100,000 US Gallons per Day Standard Sea Water TDS

100H



DESCRIPTION

The 100 series seawater reverse osmosis skids are available for three seawater salinity ranges:

- Low Salinity: 30,000 – 35,000 mg/l TDS
- Standard Salinity: 35,000 – 40,000 mg/l TDS
- High Salinity: 40,000 – 45,000 mg/l TDS

The product water from this system complies with World Health Organization (WHO) standards for potable water (<500 mg/l TDS). The equipment is offered as a base unit with customer-applied modifications (see www.desalt.net). Various options are available. Equipment is supplied tested and complete. Please see proposal package for detailed drawings and information.

TESTED
PREPACKAGED
WARRANTIED

ARRANGEMENT	
Nominal Capacity (Usgpd / m3/d)	100,000 / 379
Nominal Specific Power (kWh/ kUSgal / kWh/m3)	12.3 / 3.8
Maximum Length (in/cm)	326 / 828
Maximum Width (in/cm)	24 / 61
Maximum Height (in/cm)	103 / 262
Dry Weight (lbs/kg)	4,229 / 1918
Flooded Weight (lbs/kg)	6,729 / 3,052
Feed Connection (in/mm)	4" / DN 100
Brine Connection (in/mm)	3" / DN 100
Product Connection (in/mm)	3" / DN 80
Vessels	4 x 8" x 40", 1000 psi
Membranes	28
Energy Recovery Type	Turbine

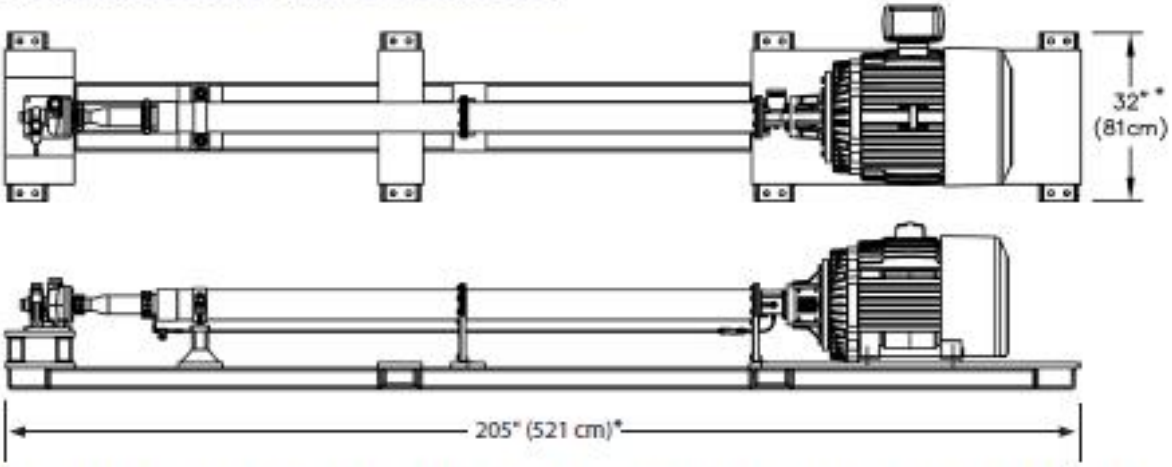
DESIGN PARAMETERS	
Piping Materials	316SS, 2205, Zeron® 100
Hardware Materials	316SS
Seawater TDS Range (mg/l)	40,000 – 45,000
Inlet SDI Requirement	< 5.0
Design Temperature (C)	25
Conversion (%)	40 %
Feed Flow (Usgpm / m3/hr)	174 / 39
Brine Flow (Usgpm / m3/hr)	104 / 24
Product Flow (Usgpm / m3/hr)	69 / 16
Operating Pressure (psig/bar)	> 850 / 59
Motor Power (HP/kW)	75 / 56

Made in the U.S.A.

INDUSTRIAL SERVICES, INC.
157 Barber Road, Unit A, St. George , VT 05495 USA • t: 802.482.4006 • f: 802.482.4007 • e: info@desalt.net

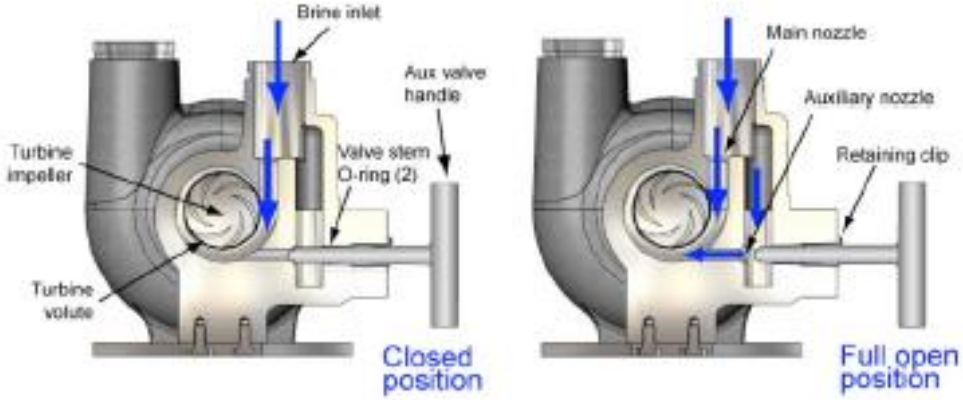
HIGH PRESSURE PUMP DESCRIPTION

** Dimensions subject to change*



The ISI High Pressure Pump Skid (HPPS) is required for the operation of any ISI RO Skid. Each pump skid includes the high pressure pump, hydraulic pressure booster, motor and alloy spool piece pre assembled and mounted on an epoxy coated structural steel frame. All high pressure pump skids have been individually designed to exactly match the flow and pressure conditions required by the RO skid. These systems are available for a variety of voltages and for 50 and 60 Hz applications. ISI HPPS systems are offered with optional VFD control to allow for process adjustment and provides additional motor protection.

ENERGY RECOVERY SYSTEM



The Hydraulic pressure booster or HPB is a fully self-contained brine energy recovery device for seawater and brackish water systems. The HPB has earned a reputation for reliability and ease of operation.

The HPB generates a pressure boost in the feed stream ranging from 20% to 40% of the total membrane requirement. The unit is entirely energized by the brine stream. The brine and feed provide all lubrication and cooling. The HPB includes an integral valve for brine pressure regulation. The HPB is a highly efficient, compact device, constructed of high grade duplex alloy with a wide operating range.

CONTROL SYSTEM

The RO skid is controlled by a Programmable Automation Controller (PAC) from OPTO22. The controller along with the input and output (I/O) modules are mounted in the control cabinet on the RO skid. Each skid is shipped pre-programmed for basic stand-alone configuration. The control cabinet features an on, off, and reset button, an emergency stop device, and a digital readout for the process instruments. All DC power supply for the control equipment is provided within the control cabinet. Service power (100 - 250 VAC) must be supplied on the cabinet.

Base Option

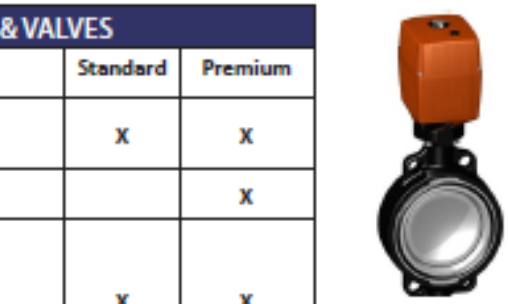
Touchscreen Option

CONTROL SYSTEM STANDARD FEATURES	
Enclosure	24"x 24" NEMA 4/12 Steel Control Cabinet
Local Devices	Cabinet Mounted Start/Stop/Reset & Emergency Stop Buttons/Alarm Lamps
Local Devices	Cabinet Mounted Digital Readouts of Flow and Conductivity
Instrumentation	Suction Pressure Sensor & Guage, Pressure Sensor & Gauge, Differential Pressure Sensor and Gauge

CONTROL SYSTEM OPTIONS AND UPGRADES	
Enclosure	24"x 24" NEMA 4/12 Steel Control Cabinet with SS Trim
HMI Accessories	Nema 4 Panel Mounted PC Touchscreen or HMI Interface
HMI Accessories	Desktop PC for HMI (Not Skid Mounted)
UPS Accessories	Uninterrupted 120/240 VAC Power Supply

We offer both standard and premium instrument packages on our line of RO Skids. The premium packages includes instrumentation that allows for more processing information and includes automation of valves. The following table shows which instruments are included in the standard VS. premium instrumentation packages:

INSTRUMENTS & VALVES		
	Standard	Premium
Differential Pressure Indicator • RO Membranes	X	X
Differential Pressure Transmitter		X
Glycerin Filled Pressure Gauges • Suction Pressure • Pump Discharge Pressure	X	X
Pressure Transmitters	X	X
Flow Element Sensor • Suction Flow • Discharge Flow	X	X
Flow Transmitter		X
Conductivity Sensor • Permeate Line	X	X
Conductivity Transmitter	X	X
PH Transmitter • Permeate Line		X
Automatic Valves • HP Suction Pressure Valve • Permeate Release Valve		X
Pressure Relief Valves • HP Suction Pressure Valve • Permeate Release Valve		X



ELECTRICAL SPECIFICATIONS

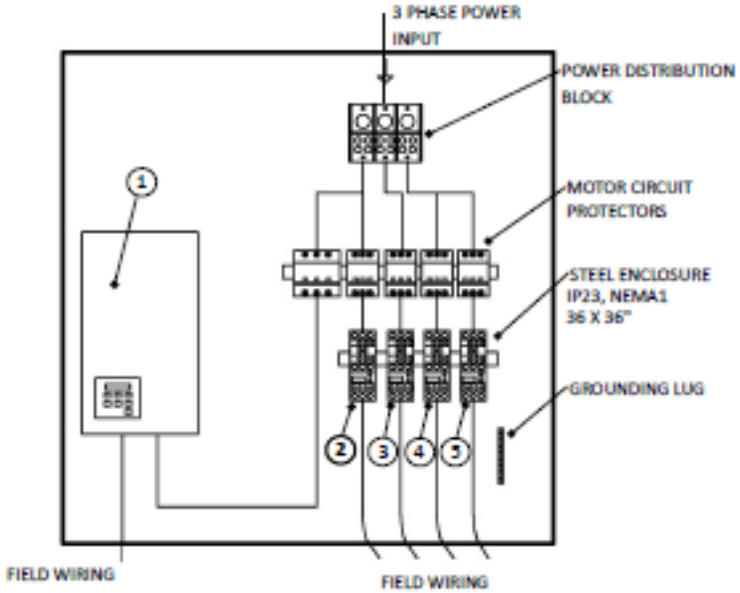
Standard Power Distribution Equipment

100 L,S,H

The RO system includes a standard power distribution enclosure. The enclosure is typically supplied as a separate item, intended for mounting in a dry area. Customer is responsible for running cables from each starter. The included arrangement may require some custom applied modifications , as pump loads may vary due to flow or pressure changes. Please review the below table carefully.

Components

- Power Enclosure Gasket Design
- Pre Wired Power Distribution Block
- FVNR Motor Starters
- Grounding Lugs and Labels



Remotely mounting this enclosure in an air conditioned location is preferred for safety and improved reliability.

	ISI SUPPLIED POWER ENCLOSURE - MODEL # 100L, 100S, 100H			
	Load	Type	HP	Qty
①	1. High Pressure Pump	Soft Starter & MCP	75	1
②	2. Feed Pump	Starter & MCP	10	1
③	3. Media/Backwash Pump	Starter & MCP	15	1
④	4. Cleaning Pump	Starter &MCP	7.5	1
⑤	5. Product Transfer Pump	Starter & MCP	7.5	1

Total Horsepower	115	Hp
Total kW	85.8	kW
Full Load Amps at 480V	142	Amps
Full Load Amps at 380V	209	Amps

* MCP = Motor Circuit Protector

CHEMICAL DOSING SYSTEM

Optional Pre and Post Treatment

Industrial Services Inc. can supply custom chemical dosing systems for use with our reverse osmosis plants. Chemical dosing systems are used to improve the performance of the plant. Consumable chemicals can be supplied by ISI or purchased locally. This system is recommended.

Standard Features

√ (2) TWO CHEMICAL DOSING SYSTEMS

Each System Includes

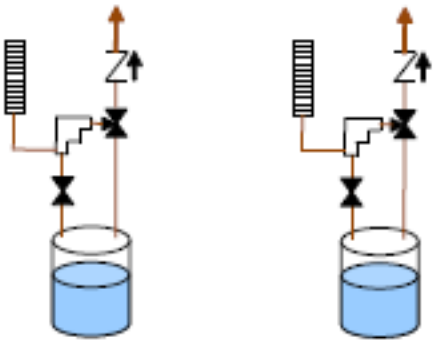
√ 35 GALLON TANK
√ PUMP WITH STROKE AND SPEED CONTROL
√ PRIMING AND ANTISIPHON VALVE
√ INLET SCREEN
√ INJECTOR
√ TUBING
√ SKID MOUNTED
√ LABELING

* Please advise if additional dosing is required

Optional Features

o PRODUCT CHLORINE MONITORING
o PH MONITORING
o MOTORIZED VALVES
o FLOW METERS
o MAG METER
o CHEMICAL DOSING
o LEVEL SENSORS
o MARSHALING CABINET
o AUTOMATIC SYSTEM
o TANK
o VFD, OR SOFT START

TYPICAL ARRANGEMENT



INDUSTRIAL SERVICES, INC.
157 Barber Road, Unit A, St. George, VT 05495 USA • t: 802.482.4006 • f: 802.482.4007 • e: info@desalt.net
Revision 0

MULTIMEDIA FILTRATION SYSTEM
Pretreatment Option

Industrial Services Inc. offers media filtration systems for use with our reverse osmosis plants. The systems are sized to accommodate plants ranging in size from 60,000 USgpd (227 m3pd) through 450,000 USgpd (1,703 M3pd) and are available in multiple arrangements. The typical media filtration system consists of a vertical pressure vessel including media (sand & anthracite) and a backwash system. Other media are available such as carbon and zeolite.

Standard Features

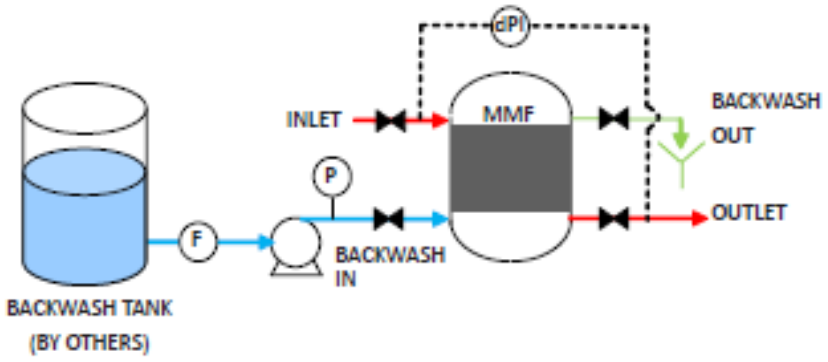
- √ VERTICAL CORROSION RESISTANT FILAMENT WOUND FILTER TANK
- √ PROCESS FLOW SENSOR AND MONITOR
- √ STRUCTURAL STEEL FRAME (EPOXY & URETHANE COATED)
- √ FORK POCKETS
- √ CHECK VALVE
- √ CENTRIFUGAL PUMP
- √ DIFFERENTIAL PRESSURE INDICATOR
- √ PROCESS PRESSURE INDICATOR
- √ BUTTERFLY VALVES
- √ IMPROVED FILTRATION EFFICIENCY DUE TO SMD DEEP BED TANK
- √ SAND (.4-.55MM), ANTHRACITE (85MM-95MM)
- √ SCH 80 PVC PIPE & FITTINGS
- √ 316 SS FASTENERS

** Automatic valves shown but not included in standard arrangement, backwash tank not included*

Optional Features

- o OTHER MEDIA. - CONTACT FACTORY
- o AUTOMATIC VALVES
- o NOZZLE SIZES AVAILABLE BASED ON TANK FLANGES
- o RINSE VALVE
- o DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTERS (dPI)
- o SIMPLEX AND DUPLEX ARRANGEMENTS
- o BACKWASH TANK

MEDIA TANK SUMMARY							
Model Number	Media Filter Quantity	Filter Area per Filter SQ-FT (SQ-M)	Max Filter Flow Rate per Filter GMP (L/SEC)	Backwash Rate GPM (L/SEC)	Tank Diameter (in/mm)	Ship Weight Lbs (KG)	Recommended Backwash Tank Volume USGAL (M3)
60L, 60S, 60H	1	12.2 (1.13)	105 (6.62)	159 (10.0)	48.3 (1229)	450 (205)	2000 (7.57)
80L, 80S, 80H	1	16.6 (1.54)	140 (8.83)	216 (13.6)	56.7 (1442)	500 (227)	2500 (9.46)
100L, 100S, 100H, 120L, 120S	1	21.6 (2.01)	184 (11.6)	281 (17.7)	64.7 (1644)	550 (250)	3000 (11.36)
120H, 140L, 140S, 140H, 160L, 160S	1	27.3 (2.54)	247 (15.6)	355 (22.4)	72.4 (1839)	550 (250)	4000 (15.1)
250S, 250H, 300L, 300S,	2	27.3 (2.54)	247 (15.6)	355 (22.4)	72.4 (1839)	550 (250)	4000 (15.1)
160H, 180L, 180S, 180H, 200L, 200S	1	33.8 (3.14)	309 (19.5)	439 (27.7)	80.4 (2042)	590 (268)	5000 (18.9)
300H, 350L, 350S, 350H, 400L, 400S	2	33.8 (3.14)	309 (19.5)	439 (27.7)	80.4 (2042)	590 (268)	5000 (18.9)
200H, 225L, 225S	1	41 (3.81)	348 (22.0)	533 (33.6)	88.3 (2245)	950 (432)	5500 (20.8)
400H, 450L	2	41 (3.81)	348 (22.0)	533 (33.6)	88.3 (2245)	950 (432)	5500 (20.8)
225H, 250L	1	46.7 (4.34)	391 (24.7)	607 (38.3)	94 (2390)	685 (311)	6500 (24.6)



P - PRESSURE

F - FLOW

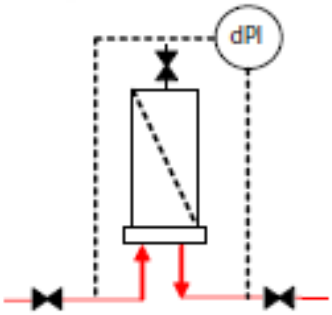
dPI - DIFFERENTIAL PRESSURE INDICATOR

MICRON FILTRATION SYSTEM
Pretreatment Option

RO systems require micron filtration prior to the RO system. ISI often selects filter housings manufactured by Micron Filter Housing because they are designed for the desalination industry and include an all non-metallic design. The filter housings are removable in a way that exposes the base, which allows for complete cleaning of the filter during change-out. The filters are available with an optional fiberglass base.

Generally a micron filter system includes the following components:

- Filter Housing(s)
- Isolation Valves
- Differential Pressure Indicator or Transmitter (dPI)
- Base and Support
- Air Bleed



Filters may have any of a number of different arrangements. These filters housings are available in 210 gpm, 280 gpm and 350 gpm. (48 m3/h, 64 m3/h, 80 m3/h) They are typically assembled together in parallel for larger flows. Please refer to equipment specification sheets for more information.

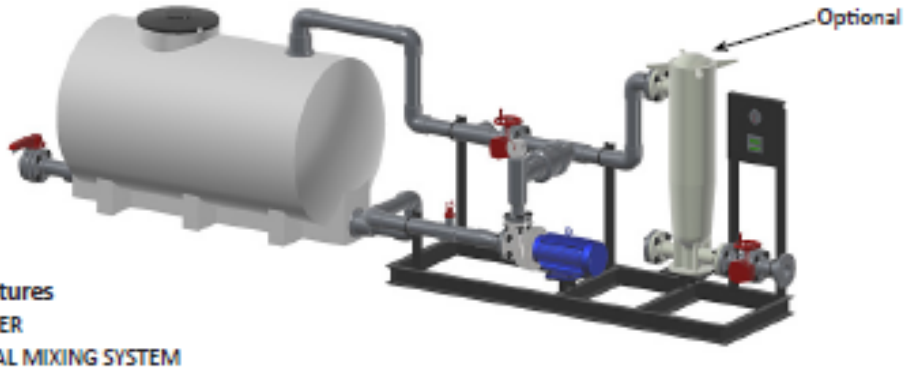
MECHANICAL SUMMARY						
Model	Capacity (USgpm)	Capacity (m3/h)	Height (in/cm)	Empty Weight (lbs/kg)	Filled Weight (lbs/kg)	Inlet/Outlet Grooved Pipe
Micron 210	210	47.7	43 / 109	140 / 63	267 / 121	3" / 4"
Micron 280	280	63.6	53 / 127	150 / 68	330 150	3" / 4"
Micron 350	350	79.5	63 / 160	160 / 73	373 / 169	3" / 4"

CLEANING SYSTEM
Optional

Industrial Services manufactures cleaning systems for use with our reverse osmosis plants. The systems are sized to accommodate plants ranging in size form 60,000 USgpd (227 m3pd) through 450,000 USgpd (1,703 M3pd) and are available in multiple sizes. The cleaning system contains all the necessary equipment required to perform and monitor the cleaning operation.

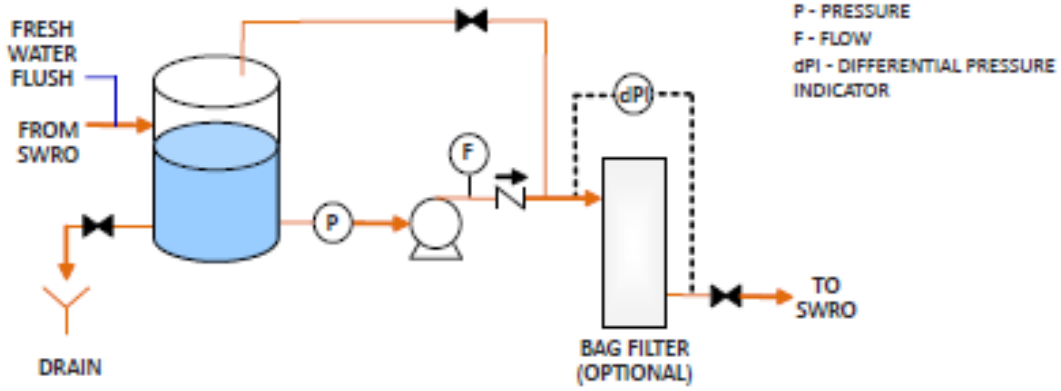
Standard Features

- √ CLEANING PUMP- 460V/60HZ OR 380V/50hZ
- √ INCLUDES PVC PIPING PACKAGE
- √ SCH 80 PVC PIPE & FITTINGS
- √ 316SS FASTENERS
- √ STRUCTURAL STEEL FRAME (EPOXY & URE-THANE COATED)
- √ PRESSURE INDICATOR
- √ PROCESS FLOW SENSOR AND MONITOR
- √ CHECK VALVE
- √ OPTIONAL BAG FILTER
- √ SENSOR POWERED FLOW MONITOR
- √ VENT
- √ POLYETHYLENE CLEANING TANK
- √ BUTTERFLY VALVE TO DRAIN
- √ FORK POCKETS



Optional Features

- o BAG FILTER
- o CHEMICAL MIXING SYSTEM
- o PH MONITOR
- o VFD, OR SOFT START



CLEANING SYSTEM: PUMP SET (50/60 HZ)								
Model Number	Motor Power (HP/KW)	Motor Frame	Suction Size (IN/MM)	Discharge Size (IN/MM)	Cleaning Flow Rate (GPM/M3/hr)	Design Flow Rate (GPM/M3/hr)	Design Pressure (PSI/BAR)	Enclosure
60S, 60L	7.5/5.6	213JM/ 184JM	2.5/DN 65	2/DN 50	80/18.2	140/31.8	40/2.76	TEFC
60H, 80S, 80L, 100S, 100L	7.5/5.6	213JM/ 184JM	2.5/DN 65	2/DN 50	120/27.3	140/31.8	40/2.76	TEFC
80H, 100H, 120S, 120L, 140S, 140L	7.5/5.6	213JM/ 184JM	2.5/DN 65	2/DN 50	160/36.3	140/31.8	40/2.76	TEFC
120H, 140H, 160S, 160L	10/7.5	215JM	3/DN 80	2.5/DN 65	200/45.4	280/63.6	40/2.76	TEFC
160H, 180S, 180L	10/7.5	215JM	3/DN 80	2.5/DN 65	240/54.5	280/63.6	40/2.76	TEFC
180H, 200S, 200L, 225S, 225L	10/7.5	215JM	3/DN 80	2.5/DN 65	280/63.6	280/63.6	40/2.76	TEFC
250S, 250L, 225H, 200H	15/11.2	215JM/ 256JM	4/DN 100	3/DN 80	320/72.7	420/95.4	40/2.76	TEFC
250H, 300S, 300L	15/11.2	215JM/ 256JM	4/DN 100	3/DN 80	360/81.8	420/95.4	40/2.76	TEFC
350S, 350L	15/11.2	215JM/ 256JM	4/DN 100	3/DN 80	400/90.8	420/95.4	40/2.76	TEFC
300H	15/11.2	215JM/ 256JM	4/DN 100	3/DN 80	440/99.9	420/95.4	40/2.76	TEFC
350H, 400S, 400L	30/22.4	215JM/ 256JM	4-5/DN 65	3-4/DN 50	480/109	140/31.8	40/2.76	TEFC
450S	30/22.4	215JM/ 256JM	4-5/DN 65	3-4/DN 50	520/118	140/31.8	40/2.76	TEFC
400H	30/22.4	215JM/ 256JM	4-5/DN 65	3-4/DN 50	560/127	140/31.8	40/2.76	TEFC

ANEXO D.-
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Limpieza y trazado de terreno				Unidad:	m2
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	10.00
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.08
Equipo Topográfico Completo	1.00	2.50	2.50	0.100	0.25
Cinta metrica	1.00	0.05	0.05	0.100	0.01
SUBTOTAL M					**0.34**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.1000	0.05
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	0.1000	0.48
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.1000	0.48
Topografo 2 (estr. Ocupacional C1)	1.00	5.36	5.36	0.1000	0.54
SUBTOTAL N					**1.55**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cuartones semiduros		ml	0.050	0.62	0.03
Clavos		kg	0.010	0.45	-
Pintura Esmalte		gl	0.002	14.26	0.03
Tablas semidura		ml	0.020	1.60	0.03
Tira de 5cm		u	0.003	14.26	0.04
SUBTOTAL O					**0.13**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cuartones semiduros		ml	0.050	0.31	0.02
Clavos		kg	0.010	0.23	-
Pintura Esmalte		gl	0.002	7.13	0.01
Tablas semidura		ml	0.020	0.80	0.02
Tira de 5cm		u	0.003	7.13	0.02
SUBTOTAL P					**0.07**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			2.09
		INDIRECTOS %	14.00%		0.29
		UTILIDAD %	6.00%		0.13
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			2.51
		VALOR REFERENCIAL			**2.51**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación manual en isla				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.51
SUBTOTAL M					**0.51**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
SUBTOTAL N					**10.13**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
SUBTOTAL O					**-**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
					-
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**-**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			10.64
		INDIRECTOS %	14.00%		1.49
		UTILIDAD %	6.00%		0.64
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			12.77
		VALOR REFERENCIAL			**12.77**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Relleno compactado con material de sitio				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.33**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.38
SUBTOTAL M					**0.38**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.7500	0.40
Peon (Estructura Ocupacional E2)	2.00	4.77	9.54	0.7500	7.16
SUBTOTAL N					**7.56**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Material de sitio		m3	1.200	0.00	-
SUBTOTAL O					**-**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
					-
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**-**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			7.94
		INDIRECTOS %	14.00%		1.11
		UTILIDAD %	6.00%		0.48
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			9.53
		VALOR REFERENCIAL			**9.53**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Entibado de madera (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	Unidad:	m2
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas	Rend (U/H):	2.00

EQUIPOS

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.25
SUBTOTAL M					**0.25**

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal / hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.5000	0.27
Peon (Estructura Ocupacional E2)	2.00	4.77	9.54	0.5000	4.77
SUBTOTAL N					**5.04**

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
		A	B	C = A*B
Tablas semidura	ml	2.000	1.60	3.20
Cuartones semiduros	ml	1.000	0.62	0.62
Clavos	lb	1.000	1.58	1.58
Puntal de madera	u	1.000	2.00	2.00
SUBTOTAL O				**7.40**

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C = A*B
Tablas semidura	ml	2.00	0.80	1.60
Cuartones semiduros	ml	1.00	0.31	0.31
Clavos	lb	1.00	0.79	0.79
Puntal de madera	u	1.00	1.00	1.00
				-
SUBTOTAL P				**3.70**

		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)	16.39
		INDIRECTOS % 14.00%	2.29
		UTILIDAD % 6.00%	0.98
		COSTO TOTAL DEL RUBRO	19.66
		VALOR REFERENCIAL	**19.66**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Replantillo de piedra bola				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.75
SUBTOTAL M					**0.75**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.0000	4.83
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
SUBTOTAL N					**14.96**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Piedra bola		m3	1.100	13.20	14.52
SUBTOTAL O					**14.52**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
					-
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**-**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			30.23
		INDIRECTOS %	14.00%		4.23
		UTILIDAD %	6.00%		1.81
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			36.27
		VALOR REFERENCIAL			**36.27**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					2.18
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	1.000	3.60
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	1.000	3.80
SUBTOTAL M					**9.58**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.0000	4.83
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
Peon (Estructura Ocupacional E2)	6.00	4.77	28.62	1.0000	28.62
SUBTOTAL N					**43.58**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	280.000	0.15	42.00
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	10.000	1.60	16.00
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
SUBTOTAL O					**94.55**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	280.00	0.08	21.00
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	10.00	0.80	8.00
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
SUBTOTAL P					**47.28**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			194.99
		INDIRECTOS %	14.00%		27.30
		UTILIDAD %	6.00%		11.70
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			233.99
		VALOR REFERENCIAL			**233.99**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en cisterna f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)				Unidad:	m3
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	0.91
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					2.40
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	1.100	3.96
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	1.100	4.18
SUBTOTAL M					**10.54**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.1000	5.90
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.1000	5.31
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	1.1000	5.25
Peon (Estructura Ocupacional E2)	6.00	4.77	28.62	1.1000	31.48
SUBTOTAL N					**47.94**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.000	0.15	54.75
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	2.000	1.60	3.20
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.050	14.89	0.74
SUBTOTAL O					**95.24**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.00	0.08	27.38
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	2.00	0.80	1.60
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.05	7.45	0.37
SUBTOTAL P					**47.63**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			201.35
		INDIRECTOS %	14.00%		28.19
		UTILIDAD %	6.00%		12.08
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			241.62
		VALOR REFERENCIAL			**241.62**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Enlucido de paredes de cisterna (incluye impermeabilizante)				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**2.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.25
SUBTOTAL M					**0.25**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.5000	0.27
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.5000	2.42
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.5000	2.39
SUBTOTAL N					**5.08**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	25.000	0.15	3.75
Arena gruesa		m3	0.030	15.00	0.45
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Aditivo para mortero		galón	0.020	14.89	0.30
SUBTOTAL O					**4.70**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	25.00	0.08	1.88
Arena gruesa		m3	0.03	7.50	0.23
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Aditivo para mortero		galón	0.02	7.45	0.15
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
SUBTOTAL P					**2.36**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			12.39
		INDIRECTOS %	14.00%		1.73
		UTILIDAD %	6.00%		0.74
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			14.86
		VALOR REFERENCIAL			**14.86**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Tapa de cisterna				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.50**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					1.01
SUBTOTAL M					**1.01**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	2.0000	1.07
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	2.0000	9.66
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	2.0000	9.54
SUBTOTAL N					**20.27**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	10.000	0.15	1.50
Arena gruesa		m3	0.010	15.00	0.15
Agua		m3	0.010	2.00	0.02
Tapa de tool metalica incluye bisagra y candado		u	1.000	50.00	50.00
SUBTOTAL O					**51.67**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	10.00	0.08	0.75
Arena gruesa		m3	0.01	7.50	0.08
Agua		m3	0.01	1.00	0.01
Tapa de tool metalica incluye bisagra y candado		u	1.00	2.00	2.00
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
SUBTOTAL P					**2.84**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			75.79
		INDIRECTOS %	14.00%		10.61
		UTILIDAD %	6.00%		4.55
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			90.95
		VALOR REFERENCIAL			**90.95**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Relleno compactado con material de mejoramiento				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**3.13**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.32
Compactador mecanico	1.00	3.25	3.25	0.320	1.04
SUBTOTAL M					**1.36**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	0.3200	1.72
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.3200	1.55
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	0.3200	1.53
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.3200	1.53
SUBTOTAL N					**6.33**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Material de mejoramiento		m3	1.200	12.00	14.40
Agua		m3	0.200	2.00	0.40
SUBTOTAL O					**14.80**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Material de mejoramiento		m3	1.20	3.00	3.60
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**3.60**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			26.09
		INDIRECTOS %	14.00%		3.65
		UTILIDAD %	6.00%		1.57
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			31.31
		VALOR REFERENCIAL			**31.31**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Limpieza y trazado de terreno				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**10.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.08
Equipo Topográfico Completo	1.00	2.50	2.50	0.100	0.25
Cinta metrica	1.00	0.05	0.05	0.100	0.01
SUBTOTAL M					**0.34**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.1000	0.05
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	0.1000	0.48
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.1000	0.48
Topografo 2 (estr. Ocupacional C1)	1.00	5.36	5.36	0.1000	0.54
SUBTOTAL N					**1.55**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cuartones semiduros		ml	0.050	0.62	0.03
Clavos		kg	0.010	0.45	-
Pintura Esmalte		gl	0.002	14.26	0.03
Tablas semidura		ml	0.020	1.60	0.03
Tira de 5cm		u	0.003	14.26	0.04
SUBTOTAL O					**0.13**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cuartones semiduros		ml	0.050	0.31	0.02
Clavos		kg	0.010	0.23	-
Pintura Esmalte		gl	0.002	7.13	0.01
Tablas semidura		ml	0.020	0.80	0.02
Tira de 5cm		u	0.003	7.13	0.02
SUBTOTAL P					**0.07**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			2.09
		INDIRECTOS %	14.00%		0.29
		UTILIDAD %	6.00%		0.13
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			2.51
		VALOR REFERENCIAL			**2.51**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación manual en isla				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.51
SUBTOTAL M					**0.51**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
SUBTOTAL N					**10.13**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
SUBTOTAL O					**-**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
					-
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**-**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			10.64
		INDIRECTOS %	14.00%		1.49
		UTILIDAD %	6.00%		0.64
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			12.77
		VALOR REFERENCIAL			**12.77**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Relleno compactado con material de mejoramiento				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**3.13**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.32
Compactador mecanico	1.00	3.25	3.25	0.320	1.04
SUBTOTAL M					**1.36**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	0.3200	1.72
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.3200	1.55
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	0.3200	1.53
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.3200	1.53
SUBTOTAL N					**6.33**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Material de mejoramiento		m3	1.200	12.00	14.40
Agua		m3	0.200	2.00	0.40
SUBTOTAL O					**14.80**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Material de mejoramiento		m3	1.20	3.00	3.60
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**3.60**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			26.09
		INDIRECTOS %	14.00%		3.65
		UTILIDAD %	6.00%		1.57
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			31.31
		VALOR REFERENCIAL			**31.31**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Replantillo de piedra bola				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.75
SUBTOTAL M					**0.75**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.0000	4.83
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
SUBTOTAL N					**14.96**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Piedra bola		m3	1.100	13.20	14.52
SUBTOTAL O					**14.52**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
					-
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**-**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			30.23
		INDIRECTOS %	14.00%		4.23
		UTILIDAD %	6.00%		1.81
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			36.27
		VALOR REFERENCIAL			**36.27**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2				Unidad:	m3
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	1.00
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					2.18
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	1.000	3.60
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	1.000	3.80
SUBTOTAL M					**9.58**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.0000	4.83
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
Peon (Estructura Ocupacional E2)	6.00	4.77	28.62	1.0000	28.62
SUBTOTAL N					**43.58**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	280.000	0.15	42.00
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	10.000	1.60	16.00
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
SUBTOTAL O					**94.55**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	280.00	0.08	21.00
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	10.00	0.80	8.00
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
SUBTOTAL P					**47.28**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			194.99
		INDIRECTOS %	14.00%		27.30
		UTILIDAD %	6.00%		11.70
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			233.99
		VALOR REFERENCIAL			**233.99**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en cisterna f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.91**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					2.40
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	1.100	3.96
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	1.100	4.18
SUBTOTAL M					**10.54**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.1000	5.90
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.1000	5.31
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	1.1000	5.25
Peon (Estructura Ocupacional E2)	6.00	4.77	28.62	1.1000	31.48
SUBTOTAL N					**47.94**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.000	0.15	54.75
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	2.000	1.60	3.20
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.050	14.89	0.74
SUBTOTAL O					**95.24**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.00	0.08	27.38
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	2.00	0.80	1.60
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.05	7.45	0.37
SUBTOTAL P					**47.63**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			201.35
		INDIRECTOS %	14.00%		28.19
		UTILIDAD %	6.00%		12.08
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			241.62
		VALOR REFERENCIAL			**241.62**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en columnas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)				Unidad:	m3
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	0.67
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					3.98
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	1.500	5.40
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	1.500	5.70
SUBTOTAL M					**15.08**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.5000	8.04
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.5000	7.25
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	1.5000	7.16
Peon (Estructura Ocupacional E2)	8.00	4.77	38.16	1.5000	57.24
SUBTOTAL N					**79.69**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.000	0.15	54.75
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	8.000	1.60	12.80
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.050	14.89	0.74
SUBTOTAL O					**104.84**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.00	0.08	27.38
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	8.00	0.80	6.40
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.05	7.45	0.37
SUBTOTAL P					**52.43**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			252.04
		INDIRECTOS %	14.00%		35.29
		UTILIDAD %	6.00%		15.12
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			302.45
		VALOR REFERENCIAL			**302.45**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en vigas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)				Unidad:	m3
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	0.50
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					5.31
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	2.000	7.20
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	2.000	7.60
SUBTOTAL M					**20.11**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	2.0000	10.72
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	2.0000	9.66
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	2.0000	9.54
Peon (Estructura Ocupacional E2)	8.00	4.77	38.16	2.0000	76.32
SUBTOTAL N					**106.24**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.000	0.15	54.75
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	15.000	1.60	24.00
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.050	14.89	0.74
SUBTOTAL O					**116.04**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.00	0.08	27.38
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	15.00	0.80	12.00
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.05	7.45	0.37
SUBTOTAL P					**58.03**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			300.42
		INDIRECTOS %	14.00%		42.06
		UTILIDAD %	6.00%		18.03
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			360.51
		VALOR REFERENCIAL			**360.51**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en losa f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)				Unidad:	m3
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	0.50
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					5.31
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	2.000	7.20
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	2.000	7.60
SUBTOTAL M					**20.11**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	2.0000	10.72
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	2.0000	9.66
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	2.0000	9.54
Peon (Estructura Ocupacional E2)	8.00	4.77	38.16	2.0000	76.32
SUBTOTAL N					**106.24**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.000	0.15	54.75
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	8.000	1.60	12.80
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.050	14.89	0.74
SUBTOTAL O					**104.84**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.00	0.08	27.38
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	8.00	0.80	6.40
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.05	7.45	0.37
SUBTOTAL P					**52.43**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			283.62
		INDIRECTOS %	14.00%		39.71
		UTILIDAD %	6.00%		17.02
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			340.35
		VALOR REFERENCIAL			**340.35**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2 (cisterna - tanque elevado)				Unidad:	**kg**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**16.67**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.03
Cizalla	1.00	0.60	0.60	0.060	0.04
SUBTOTAL M					**0.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Fierrero (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.0600	0.29
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.0600	0.29
SUBTOTAL N					**0.58**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Acero de refuerzo con resaltes fy=4200kg/cm2		kg	1.050	1.18	1.24
Alambre de amarre No. 18		kg	0.030	1.60	0.05
SUBTOTAL O					**1.29**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Acero de refuerzo con resaltes fy=4200kg/cm2		kg	1.05	0.59	0.62
Alambre de amarre No. 18		kg	0.03	0.80	0.02
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.64**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			2.58
		INDIRECTOS %	14.00%		0.36
		UTILIDAD %	6.00%		0.15
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			3.09
		VALOR REFERENCIAL			**3.09**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Enlucido de paredes de tanque elevado (incluye impermeabilizante)				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**2.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.25
SUBTOTAL M					**0.25**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.5000	0.27
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.5000	2.42
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.5000	2.39
SUBTOTAL N					**5.08**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	25.000	0.15	3.75
Arena gruesa		m3	0.030	15.00	0.45
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Aditivo para mortero		galón	0.020	14.89	0.30
SUBTOTAL O					**4.70**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	25.00	0.08	1.88
Arena gruesa		m3	0.03	7.50	0.23
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Aditivo para mortero		galón	0.02	7.45	0.15
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
SUBTOTAL P					**2.36**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			12.39
		INDIRECTOS %	14.00%		1.73
		UTILIDAD %	6.00%		0.74
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			14.86
		VALOR REFERENCIAL			**14.86**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Cubierta con estructura metalica				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**2.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.27
Soldadora eléctrica	1.00	3.25	3.25	0.500	1.63
Andamios metálicos	1.00	0.35	0.35	0.500	0.18
SUBTOTAL M					**2.08**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.5000	0.27
Estructura Ocup. D2 (Maestro especial. soldador)	1.00	5.36	5.36	0.5000	2.68
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.5000	2.39
SUBTOTAL N					**5.34**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Estructura metalica		m2	1.000	11.85	11.85
Cubierta dipanel		m2	1.000	14.85	14.85
SUBTOTAL O					**26.70**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Estructura metalica		m2	1.00	5.93	5.93
Cubierta dipanel		m2	1.00	7.43	7.43
			-		-
-			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
SUBTOTAL P					**13.36**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			47.48
		INDIRECTOS %	14.00%		6.65
		UTILIDAD %	6.00%		2.85
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			56.98
		VALOR REFERENCIAL			**56.98**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Pintura de caucho vinil acrilica				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**3.33**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.15
Andamios metálicos	1.00	0.35	0.35	0.300	0.11
SUBTOTAL M					**0.26**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.3000	0.16
Pintor (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.3000	1.45
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.3000	1.43
SUBTOTAL N					**3.04**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Pintura de caucho vinil acrilica		gl	0.100	25.00	2.50
SUBTOTAL O					**2.50**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Pintura de caucho vinil acrilica		gl	0.10	12.50	1.25
-		-	-	-	-
			-		-
-			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
SUBTOTAL P					**1.25**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			7.05
		INDIRECTOS %	14.00%		0.99
		UTILIDAD %	6.00%		0.42
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			8.46
		VALOR REFERENCIAL			**8.46**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Escalera marinera metalica ext. Tubo galv. Poste 2"				Unidad:	**ml**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**2.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.27
Soldadora eléctrica	1.00	3.25	3.25	0.500	1.63
Andamios metálicos	1.00	0.35	0.35	0.500	0.18
SUBTOTAL M					**2.08**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.5000	0.27
Estructura Ocup. D2 (Maestro especial. soldador)	1.00	5.36	5.36	0.5000	2.68
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.5000	2.39
SUBTOTAL N					**5.34**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Escalera marinera		ml	1.000	60.00	60.00
					-
SUBTOTAL O					**60.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Escalera marinera		ml	1.00	5.00	5.00
-		-	-	-	-
			-		-
-			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
SUBTOTAL P					**5.00**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			72.42
		INDIRECTOS %	14.00%		10.14
		UTILIDAD %	6.00%		4.35
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			86.91
		VALOR REFERENCIAL			**86.91**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Castillo de caña-madera area (5,00x5,00)mts				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**3.33**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.15
Andamios metálicos	1.00	0.35	0.35	0.300	0.11
SUBTOTAL M					**0.26**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.3000	0.16
Pintor (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.3000	1.45
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.3000	1.43
SUBTOTAL N					**3.04**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Madera acerrada cepillada		ml	4.000	2.00	8.00
Cañas		und	1.000	3.00	3.00
SUBTOTAL O					**11.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Madera acerrada cepillada		ml	4.00	1.00	4.00
Cañas		und	1.00	1.50	1.50
			-		-
-			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
SUBTOTAL P					**5.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			19.80
		INDIRECTOS %	14.00%		2.77
		UTILIDAD %	6.00%		1.19
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			23.76
		VALOR REFERENCIAL			**23.76**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de Unidad de OL Modelo 100L, 100000 USGPD (379 m3/dia) (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.01**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					149.00
SUBTOTAL M					**149.00**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	200.0000	1,072.00
Peon (Estructura Ocupacional E2)	2.00	4.77	9.54	200.0000	1,908.00
SUBTOTAL N					**2,980.00**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e Instalación de Unidad de OL Modelo 100L, 100000 USGPD (379 m3/dia)		u	1.000	144385.20	144,385.20
SUBTOTAL O					**144,385.20**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e Instalación de Unidad de OL Modelo 100L, 100000 USGPD (3		u	1.00	12,032.10	12,032.10
-					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**12,032.10**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			159,546.30
		INDIRECTOS %	14.00%		22,336.48
		UTILIDAD %	6.00%		9,572.78
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			191,455.56
		VALOR REFERENCIAL			**191,455.56**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de Sistema de Filtración Multimedia (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra) DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Unidad: u Rend (U/H): 0.01	
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					59.60
SUBTOTAL M					**59.60**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	80.0000	428.80
Peon (Estructura Ocupacional E2)	2.00	4.77	9.54	80.0000	763.20
SUBTOTAL N					**1,192.00**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e Instalación de Sistema de Filtración Multimedia (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)		u	1.000	24166.80	24,166.80
SUBTOTAL O					**24,166.80**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e Instalación de Sistema de Filtración Multimedia (Incluye carg		u	1.00	2,416.68	2,416.68
-					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**2,416.68**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			27,835.08
		INDIRECTOS %	14.00%		3,896.91
		UTILIDAD %	6.00%		1,670.10
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			33,402.09
		VALOR REFERENCIAL			**33,402.09**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e instalacion de Sistema de Microfiltración (incluye transporte en Bote)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.02**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					37.25
SUBTOTAL M					**37.25**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	50.0000	268.00
Peon (Estructura Ocupacional E2)	2.00	4.77	9.54	50.0000	477.00
SUBTOTAL N					**745.00**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de Sistema de Microfiltración		u	1.000	5507.00	5,507.00
SUBTOTAL O					**5,507.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de Sistema de Microfiltración		u	1.00	688.38	688.38
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**688.38**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			6,977.63
		INDIRECTOS %	14.00%		976.87
		UTILIDAD %	6.00%		418.66
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			8,373.16
		VALOR REFERENCIAL			**8,373.16**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e instalacion de Sistema de Limpieza (incluye transporte en Bote)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.02**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					37.25
SUBTOTAL M					**37.25**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	50.0000	268.00
Peon (Estructura Ocupacional E2)	2.00	4.77	9.54	50.0000	477.00
SUBTOTAL N					**745.00**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de Sistema de Limpieza		u	1.000	12897.60	12,897.60
SUBTOTAL O					**12,897.60**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de Sistema de Limpieza		u	1.00	1,612.20	1,612.20
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**1,612.20**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			15,292.05
		INDIRECTOS %	14.00%		2,140.89
		UTILIDAD %	6.00%		917.52
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			18,350.46
		VALOR REFERENCIAL			**18,350.46**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e instalacion de Filtro de retrolavado del sistema de limpieza (incluye transporte en Bote)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.10**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					5.07
SUBTOTAL M					**5.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	10.0000	53.60
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	10.0000	47.70
SUBTOTAL N					**101.30**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de Filtro de retrolavado del sistema de limpieza		u	1.000	1843.00	1,843.00
SUBTOTAL O					**1,843.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de Filtro de retrolavado del sistema de limpieza		u	1.00	184.30	184.30
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**184.30**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			2,133.67
		INDIRECTOS %	14.00%		298.71
		UTILIDAD %	6.00%		128.02
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			2,560.40
		VALOR REFERENCIAL			**2,560.40**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e instalacion de Sistema de Dosificación Química (incluye transporte en Bote)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.10**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					5.07
SUBTOTAL M					**5.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	10.0000	53.60
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	10.0000	47.70
SUBTOTAL N					**101.30**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de Sistema de Dosificación Química		u	1.000	3114.00	3,114.00
SUBTOTAL O					**3,114.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de Sistema de Dosificación Química		u	1.00	311.40	311.40
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**311.40**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			3,531.77
		INDIRECTOS %	14.00%		494.45
		UTILIDAD %	6.00%		211.91
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			4,238.13
		VALOR REFERENCIAL			**4,238.13**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e instalacion de insumos para el sistema de Microfiltración (incluye transporte en Bote)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.10**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					5.07
SUBTOTAL M					**5.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	10.0000	53.60
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	10.0000	47.70
SUBTOTAL N					**101.30**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de Microfiltración		u	1.000	1361.00	1,361.00
SUBTOTAL O					**1,361.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de Microfiltración		u	1.00	136.10	136.10
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**136.10**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			1,603.47
		INDIRECTOS %	14.00%		224.49
		UTILIDAD %	6.00%		96.21
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1,924.17
		VALOR REFERENCIAL			**1,924.17**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e instalacion de insumos para el sistema de retrolavado (incluye transporte en Bote)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.25**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					2.03
SUBTOTAL M					**2.03**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	4.0000	21.44
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	4.0000	19.08
SUBTOTAL N					**40.52**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de retrolavado		u	1.000	76.00	76.00
SUBTOTAL O					**76.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de retrolavado		u	1.00	7.60	7.60
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**7.60**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			126.15
		INDIRECTOS %	14.00%		17.66
		UTILIDAD %	6.00%		7.57
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			151.38
		VALOR REFERENCIAL			**151.38**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e instalacion de insumos para el sistema de limpieza (incluye transporte en Bote)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.10**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					5.07
SUBTOTAL M					**5.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	10.0000	53.60
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	10.0000	47.70
SUBTOTAL N					**101.30**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de limpieza		u	1.000	3171.00	3,171.00
SUBTOTAL O					**3,171.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de limpieza		u	1.00	317.10	317.10
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**317.10**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			3,594.47
		INDIRECTOS %	14.00%		503.23
		UTILIDAD %	6.00%		215.67
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			4,313.37
		VALOR REFERENCIAL			**4,313.37**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e instalacion de insumos para el sistema de dosificación quimica (incluye transporte en Bote)				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.03**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					15.20
SUBTOTAL M					**15.20**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	30.0000	160.80
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	30.0000	143.10
SUBTOTAL N					**303.90**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de dosificación quimic		u	1.000	9717.00	9,717.00
SUBTOTAL O					**9,717.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Suministro e instalacion de insumos para el sistema de dosificación quimic		u	1.00	971.70	971.70
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**971.70**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			11,007.80
		INDIRECTOS %	14.00%		1,541.09
		UTILIDAD %	6.00%		660.47
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			13,209.36
		VALOR REFERENCIAL			**13,209.36**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 63 mm				Unidad:	**m**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**6.67**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.07
SUBTOTAL M					**0.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.1500	0.72
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.1500	0.72
SUBTOTAL N					**1.44**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
tuberia PVC Φ 63 mm		ml	1.000	6.00	6.00
SUBTOTAL O					**6.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
tuberia PVC Φ 63 mm		m	1.00	0.50	0.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			8.01
		INDIRECTOS %	14.00%		1.12
		UTILIDAD %	6.00%		0.48
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			9.61
		VALOR REFERENCIAL			**9.61**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 75 mm				Unidad:	**m**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**6.67**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.07
SUBTOTAL M					**0.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.1500	0.72
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.1500	0.72
SUBTOTAL N					**1.44**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
tuberia PVC Φ 75 mm		ml	1.000	7.20	7.20
SUBTOTAL O					**7.20**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
tuberia PVC Φ 75 mm		m	1.00	0.50	0.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			9.21
		INDIRECTOS %	14.00%		1.29
		UTILIDAD %	6.00%		0.55
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			11.05
		VALOR REFERENCIAL			**11.05**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 100 mm				Unidad:	**m**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**6.67**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.07
SUBTOTAL M					**0.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.1500	0.72
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.1500	0.72
SUBTOTAL N					**1.44**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
tuberia PVC Φ 100 mm		ml	1.000	7.96	7.96
SUBTOTAL O					**7.96**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
tuberia PVC Φ 100 mm		m	1.00	0.50	0.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			9.97
		INDIRECTOS %	14.00%		1.40
		UTILIDAD %	6.00%		0.60
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			11.97
		VALOR REFERENCIAL			**11.97**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de bomba de 2 HP				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.10**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					4.80
SUBTOTAL M					**4.80**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	10.0000	48.30
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	10.0000	47.70
SUBTOTAL N					**96.00**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Bomba de 2 Hp		und	1.000	583.00	583.00
SUBTOTAL O					**583.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
Bomba de 2 Hp		und	1.00	5.00	5.00
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**5.00**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			688.80
		INDIRECTOS %	14.00%		96.43
		UTILIDAD %	6.00%		41.33
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			826.56
		VALOR REFERENCIAL			**826.56**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de bomba de 1 HP				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.10**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					4.80
SUBTOTAL M					**4.80**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	10.0000	48.30
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	10.0000	47.70
SUBTOTAL N					**96.00**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Bomba de 1 Hp		und	1.000	310.53	310.53
SUBTOTAL O					**310.53**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
Bomba de 1 Hp		und	1.00	5.00	5.00
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**5.00**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			416.33
		INDIRECTOS %	14.00%		58.29
		UTILIDAD %	6.00%		24.98
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			499.60
		VALOR REFERENCIAL			**499.60**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de valvula con pie de criba 2"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.48
SUBTOTAL M					**0.48**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.0000	4.83
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
SUBTOTAL N					**9.60**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
valvula con pie de criba 2"		und	1.000	28.00	28.00
SUBTOTAL O					**28.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
valvula con pie de criba 2"		und	1.00	2.50	2.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**2.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			40.58
		INDIRECTOS %	14.00%		5.68
		UTILIDAD %	6.00%		2.43
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			48.69
		VALOR REFERENCIAL			**48.69**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de valvula con pie de criba 3"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.48
SUBTOTAL M					**0.48**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.0000	4.83
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
SUBTOTAL N					**9.60**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
valvula con pie de criba 3"		und	1.000	46.12	46.12
SUBTOTAL O					**46.12**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
valvula con pie de criba 3"		und	1.00	2.50	2.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**2.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			58.70
		INDIRECTOS %	14.00%		8.22
		UTILIDAD %	6.00%		3.52
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			70.44
		VALOR REFERENCIAL			**70.44**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de valvula de retención 2"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.33**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.36
SUBTOTAL M					**0.36**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.7500	3.62
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.7500	3.58
SUBTOTAL N					**7.20**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
valvula de retención 2"		und	1.000	18.72	18.72
SUBTOTAL O					**18.72**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
valvula de retención 2"		und	1.00	2.50	2.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**2.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			28.78
		INDIRECTOS %	14.00%		4.03
		UTILIDAD %	6.00%		1.73
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			34.54
		VALOR REFERENCIAL			**34.54**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de valvula de retención 3"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.33**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.36
SUBTOTAL M					**0.36**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.7500	3.62
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.7500	3.58
SUBTOTAL N					**7.20**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
valvula de retención 3"		und	1.000	32.00	32.00
SUBTOTAL O					**32.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
valvula de retención 3"		und	1.00	2.50	2.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**2.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			42.06
		INDIRECTOS %	14.00%		5.89
		UTILIDAD %	6.00%		2.52
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			50.47
		VALOR REFERENCIAL			**50.47**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de valvula mariposa 2"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.33**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.36
SUBTOTAL M					**0.36**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.7500	3.62
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.7500	3.58
SUBTOTAL N					**7.20**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
valvula mariposa 2"		und	1.000	32.00	32.00
SUBTOTAL O					**32.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
valvula mariposa 2"		und	1.00	2.50	2.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**2.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			42.06
		INDIRECTOS %	14.00%		5.89
		UTILIDAD %	6.00%		2.52
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			50.47
		VALOR REFERENCIAL			**50.47**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de valvula mariposa 3"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.33**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.36
SUBTOTAL M					**0.36**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.7500	3.62
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.7500	3.58
SUBTOTAL N					**7.20**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
valvula mariposa 3"		und	1.000	46.00	46.00
SUBTOTAL O					**46.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
valvula mariposa 3"		und	1.00	2.50	2.50
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**2.50**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			56.06
		INDIRECTOS %	14.00%		7.85
		UTILIDAD %	6.00%		3.36
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			67.27
		VALOR REFERENCIAL			**67.27**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de Codo PVC 90° 4"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**4.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.12
SUBTOTAL M					**0.12**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.2500	1.21
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.2500	1.19
SUBTOTAL N					**2.40**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Codo PVC de 90" a 100mm (4")		u	1.000	6.20	6.20
Accesorios de instalación		u	1.000	0.25	0.25
SUBTOTAL O					**6.45**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
Codo PVC de 90" a 100mm (4")		u	1.00	0.30	0.30
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.30**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			9.27
		INDIRECTOS %	14.00%		1.30
		UTILIDAD %	6.00%		0.56
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			11.13
		VALOR REFERENCIAL			**11.13**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de Codo PVC 90° 2"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**5.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.10
SUBTOTAL M					**0.10**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.2000	0.97
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.2000	0.95
SUBTOTAL N					**1.92**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Codo PVC de 90" a 50mm (2")		u	1.000	4.12	4.12
Accesorios de instalación		u	1.000	0.25	0.25
SUBTOTAL O					**4.37**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
Codo PVC de 90" a 50mm (2")		u	1.00	0.30	0.30
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.30**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			6.69
		INDIRECTOS %	14.00%		0.94
		UTILIDAD %	6.00%		0.40
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			8.03
		VALOR REFERENCIAL			**8.03**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de llave compuerta 2"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.50**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.96
SUBTOTAL M					**0.96**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	2.0000	9.66
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	2.0000	9.54
SUBTOTAL N					**19.20**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
llave compuerta 2"		u	1.000	29.02	29.02
SUBTOTAL O					**29.02**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
llave compuerta 2"		u	1.00	0.30	0.30
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.30**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			49.48
		INDIRECTOS %	14.00%		6.93
		UTILIDAD %	6.00%		2.97
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			59.38
		VALOR REFERENCIAL			**59.38**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Suministro e Instalación de llave compuerta 3"				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.50**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.96
SUBTOTAL M					**0.96**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Plomero (estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	2.0000	9.66
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	2.0000	9.54
SUBTOTAL N					**19.20**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
llave compuerta 3"		u	1.000	59.82	59.82
SUBTOTAL O					**59.82**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
llave compuerta 3"		u	1.00	0.30	0.30
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.30**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			80.28
		INDIRECTOS %	14.00%		11.24
		UTILIDAD %	6.00%		4.82
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			96.34
		VALOR REFERENCIAL			**96.34**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Limpieza y trazado de terreno				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**10.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.08
Equipo Topográfico Completo	1.00	2.50	2.50	0.100	0.25
Cinta metrica	1.00	0.05	0.05	0.100	0.01
SUBTOTAL M					**0.34**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	0.10	5.36	0.54	0.1000	0.05
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	0.1000	0.48
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.1000	0.48
Topografo 2 (estr. Ocupacional C1)	1.00	5.36	5.36	0.1000	0.54
SUBTOTAL N					**1.55**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cuartones semiduros		ml	0.050	0.62	0.03
Clavos		kg	0.010	0.45	-
Pintura Esmalte		gl	0.002	14.26	0.03
Tablas semidura		ml	0.020	1.60	0.03
Tira de 5cm		u	0.003	14.26	0.04
SUBTOTAL O					**0.13**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cuartones semiduros		ml	0.050	0.31	0.02
Clavos		kg	0.010	0.23	-
Pintura Esmalte		gl	0.002	7.13	0.01
Tablas semidura		ml	0.020	0.80	0.02
Tira de 5cm		u	0.003	7.13	0.02
SUBTOTAL P					**0.07**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			2.09
		INDIRECTOS %	14.00%		0.29
		UTILIDAD %	6.00%		0.13
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			2.51
		VALOR REFERENCIAL			**2.51**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación manual en isla				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.51
SUBTOTAL M					**0.51**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
SUBTOTAL N					**10.13**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
SUBTOTAL O					**-**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
					-
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**-**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			10.64
		INDIRECTOS %	14.00%		1.49
		UTILIDAD %	6.00%		0.64
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			12.77
		VALOR REFERENCIAL			**12.77**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Relleno compactado con material de mejoramiento				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**3.13**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.32
Compactador mecanico	1.00	3.25	3.25	0.320	1.04
SUBTOTAL M					**1.36**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	0.3200	1.72
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.3200	1.55
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	0.3200	1.53
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.3200	1.53
SUBTOTAL N					**6.33**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Material de mejoramiento		m3	1.200	12.00	14.40
Agua		m3	0.200	2.00	0.40
SUBTOTAL O					**14.80**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Material de mejoramiento		m3	1.20	3.00	3.60
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**3.60**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			26.09
		INDIRECTOS %	14.00%		3.65
		UTILIDAD %	6.00%		1.57
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			31.31
		VALOR REFERENCIAL			**31.31**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Replantillo de piedra bola				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.75
SUBTOTAL M					**0.75**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.0000	4.83
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
SUBTOTAL N					**14.96**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Piedra bola		m3	1.100	13.20	14.52
SUBTOTAL O					**14.52**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
					-
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**-**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			30.23
		INDIRECTOS %	14.00%		4.23
		UTILIDAD %	6.00%		1.81
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			36.27
		VALOR REFERENCIAL			**36.27**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**1.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					2.18
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	1.000	3.60
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	1.000	3.80
SUBTOTAL M					**9.58**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.0000	5.36
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.0000	4.83
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	1.0000	4.77
Peon (Estructura Ocupacional E2)	6.00	4.77	28.62	1.0000	28.62
SUBTOTAL N					**43.58**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	280.000	0.15	42.00
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	10.000	1.60	16.00
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
SUBTOTAL O					**94.55**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	280.00	0.08	21.00
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	10.00	0.80	8.00
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
SUBTOTAL P					**47.28**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			194.99
		INDIRECTOS %	14.00%		27.30
		UTILIDAD %	6.00%		11.70
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			233.99
		VALOR REFERENCIAL			**233.99**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en cisterna f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.91**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					2.40
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	1.100	3.96
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	1.100	4.18
SUBTOTAL M					**10.54**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.1000	5.90
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.1000	5.31
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	1.1000	5.25
Peon (Estructura Ocupacional E2)	6.00	4.77	28.62	1.1000	31.48
SUBTOTAL N					**47.94**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.000	0.15	54.75
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	2.000	1.60	3.20
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.050	14.89	0.74
SUBTOTAL O					**95.24**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.00	0.08	27.38
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	2.00	0.80	1.60
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.05	7.45	0.37
SUBTOTAL P					**47.63**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			201.35
		INDIRECTOS %	14.00%		28.19
		UTILIDAD %	6.00%		12.08
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			241.62
		VALOR REFERENCIAL			**241.62**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en columnas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.67**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					3.98
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	1.500	5.40
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	1.500	5.70
SUBTOTAL M					**15.08**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	1.5000	8.04
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	1.5000	7.25
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	1.5000	7.16
Peon (Estructura Ocupacional E2)	8.00	4.77	38.16	1.5000	57.24
SUBTOTAL N					**79.69**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.000	0.15	54.75
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	8.000	1.60	12.80
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.050	14.89	0.74
SUBTOTAL O					**104.84**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.00	0.08	27.38
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	8.00	0.80	6.40
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.05	7.45	0.37
SUBTOTAL P					**52.43**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			252.04
		INDIRECTOS %	14.00%		35.29
		UTILIDAD %	6.00%		15.12
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			302.45
		VALOR REFERENCIAL			**302.45**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en riostra f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)				Unidad:	**m3**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.50**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					5.31
Concretera de 1 saco	1.00	3.60	3.60	2.000	7.20
Vibrador de manguera	1.00	3.80	3.80	2.000	7.60
SUBTOTAL M					**20.11**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	2.0000	10.72
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	2.0000	9.66
Estructura Ocup. E2 (Ayudante)	1.00	4.77	4.77	2.0000	9.54
Peon (Estructura Ocupacional E2)	8.00	4.77	38.16	2.0000	76.32
SUBTOTAL N					**106.24**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.000	0.15	54.75
Arena gruesa		m3	0.650	15.00	9.75
Ripo triturado		m3	0.900	28.00	25.20
Agua		m3	0.100	2.00	0.20
Cuartones semiduros		ml	2.000	0.62	1.24
Tablas semidura		ml	15.000	1.60	24.00
Clavos		lb	0.100	1.58	0.16
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.050	14.89	0.74
SUBTOTAL O					**116.04**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	365.00	0.08	27.38
Arena gruesa		m3	0.65	7.50	4.88
Ripo triturado		m3	0.90	14.00	12.60
Agua		m3	0.10	1.00	0.10
Cuartones semiduros		ml	2.00	0.31	0.62
Tablas semidura		ml	10.00	0.80	8.00
Clavos		lb	0.10	0.79	0.08
Aditivo para hormigón 10 kg		galón	0.05	7.45	0.37
SUBTOTAL P					**54.03**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			296.42
		INDIRECTOS %	14.00%		41.50
		UTILIDAD %	6.00%		17.79
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			355.71
		VALOR REFERENCIAL			**355.71**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2 (cisterna - tanque elevado)				Unidad:	**kg**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**16.67**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.03
Cizalla	1.00	0.60	0.60	0.060	0.04
SUBTOTAL M					**0.07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Fierrero (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.0600	0.29
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.0600	0.29
SUBTOTAL N					**0.58**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Acero de refuerzo con resaltes fy=4200kg/cm2		kg	1.050	1.18	1.24
Alambre de amarre No. 18		kg	0.030	1.60	0.05
SUBTOTAL O					**1.29**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Acero de refuerzo con resaltes fy=4200kg/cm2		kg	1.05	0.59	0.62
Alambre de amarre No. 18		kg	0.03	0.80	0.02
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.64**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			2.58
		INDIRECTOS %	14.00%		0.36
		UTILIDAD %	6.00%		0.15
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			3.09
		VALOR REFERENCIAL			**3.09**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Mamposteria de bloque 7cm				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**2.50**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.30
Andamios metálicos	1.00	0.35	0.35	0.400	0.14
SUBTOTAL M					**0.44**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	0.4000	2.14
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.4000	1.93
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.4000	1.91
SUBTOTAL N					**5.98**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	25.000	0.15	3.75
Arena fina		m3	0.020	9.00	0.18
Agua		m3	0.010	2.00	0.02
Bloque de 40*20*7 cm		u	12.500	0.60	7.50
SUBTOTAL O					**11.45**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	25.00	0.08	1.88
Arena fina		m3	0.02	4.50	0.09
Agua		m3	0.01	1.00	0.01
Bloque de 40*20*7 cm		u	12.50	0.30	3.75
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**5.73**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			23.60
		INDIRECTOS %	14.00%		3.30
		UTILIDAD %	6.00%		1.42
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			28.32
		VALOR REFERENCIAL			**28.32**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Enlucido de paredes				Unidad:	**m2**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**4.00**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					0.19
Andamios metálicos	1.00	0.35	0.35	0.250	0.09
SUBTOTAL M					**0.28**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Maestro mayor Obras civiles (Estructura Ocup. C1)	1.00	5.36	5.36	0.2500	1.34
Albañil (Estructura Ocupacional D2)	1.00	4.83	4.83	0.2500	1.21
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	0.2500	1.19
SUBTOTAL N					**3.74**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	30.000	0.15	4.50
Arena fina		m3	0.030	9.00	0.27
Agua		m3	0.010	2.00	0.02
SUBTOTAL O					**4.79**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Cemento portland en saco		kg	30.00	0.08	2.25
Arena fina		m3	0.03	4.50	0.14
Agua		m3	0.01	1.00	0.01
-		-	-	-	-
					-
					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**2.40**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			11.21
		INDIRECTOS %	14.00%		1.57
		UTILIDAD %	6.00%		0.67
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			13.45
		VALOR REFERENCIAL			**13.45**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Puerta de ingreso principal				Unidad:	**u**
DETALLE: Este rubro se ejecutara de acuerdo a las especificaciones tecnicas				Rend (U/H):	**0.20**
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Herramienta manual (5% mano de obra)					2.53
SUBTOTAL M					**2.53**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal / hr**	**Costo Hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	**B**	**C = A*B**	**R**	**D = C*R**
Estructura Ocup. D2 (Maestro especial. soldador)	1.00	5.36	5.36	5.0000	26.80
Peon (Estructura Ocupacional E2)	1.00	4.77	4.77	5.0000	23.85
SUBTOTAL N					**50.65**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
Puerta de ingreso principal		u	1.000	300.00	300.00
SUBTOTAL O					**300.00**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo**
			A	**B**	**C = A*B**
-		-	-	-	-
Puerta de ingreso principal		m	1.00	0.30	0.30
-					-
					-
					-
SUBTOTAL P					**0.30**
		TOTAL COSTO DIRECTOS (M+N+O+P)			353.48
		INDIRECTOS %	14.00%		49.49
		UTILIDAD %	6.00%		21.21
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			424.18
		VALOR REFERENCIAL			**424.18**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANEXO E.-
DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN DE LOS RUBROS

DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN DE CADA RUBRO

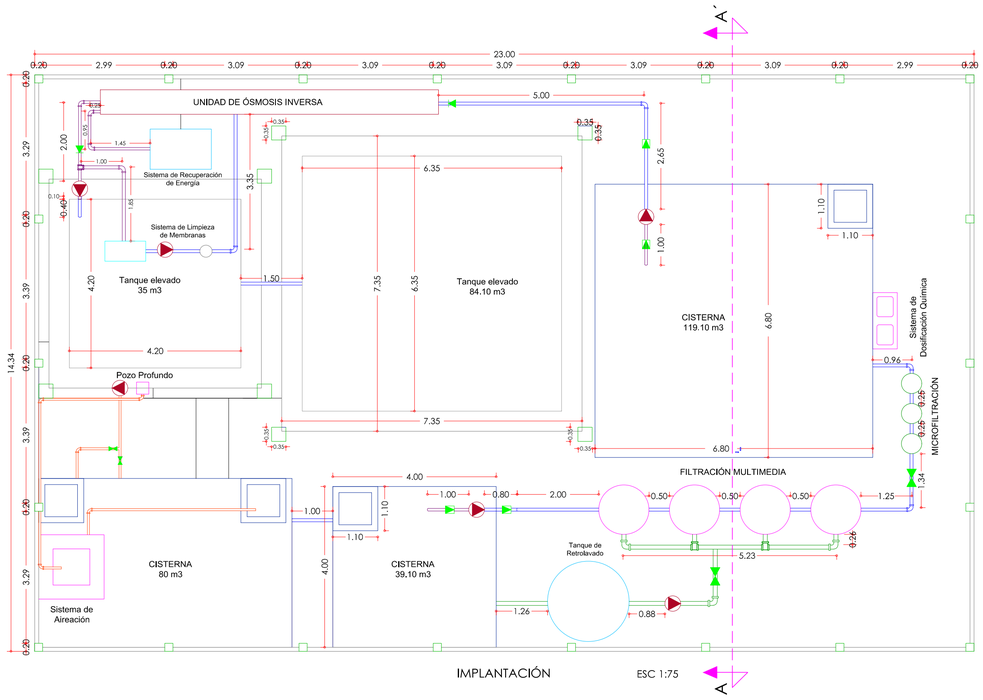
PROYECTO: ESTUDIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE DESALINIZACIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL POZO EXISTENTE EN LA ISLA JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO

	Horas laborable por día calendario = horas laborables semanales/7 =			44/7	6.29	44/7 =	6.29	horas lab./ día calend.	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	REND (h/u)	# DE GRUPOS	HORAS LABORABLES	DÍAS CALENDARIO
	CISTERNAS (119,10m3 y 39,10m3)								
1	Limpieza y trazado de terreno	m2	62.24	2.51	156.22	0.10	1.00	6.22	3.00
2	Excavación manual en isla	m3	186.72	12.77	2384.41	1.00	4.00	46.68	7.00
3	Relleno compactado con material de sitio	m3	18.67	9.53	177.93	0.75	1.00	14.00	7.00
4	Entibado de madera (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	m2	64.80	19.66	1273.97	0.50	1.00	32.40	7.00
5	Replantillo de piedra bola	m3	12.45	36.27	451.56	1.00	1.00	12.45	7.00
6	Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	m3	6.22	233.99	1455.42	1.00	1.00	6.22	7.00
7	Hormigón simple en cisterna f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	49.22	241.62	11892.54	1.10	1.20	45.12	7.00
8	Enlucido de paredes de cisterna (incluye impermeabilizante)	m2	183.84	14.86	2731.86	0.50	2.00	45.96	7.00
9	Tapa de cisterna	u	1.00	90.95	90.95	2.00	1.00	2.00	7.00
10	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	15.56	31.31	487.18	0.32	1.00	4.98	7.00
	TANQUE ELEVADO DE HORMIGÓN ARMADO								
11	Limpieza y trazado de terreno	m2	40.32	2.51	101.20	0.10	1.00	4.03	7.00
12	Excavación manual en isla	m3	16.00	12.77	204.32	1.00	1.00	16.00	7.00
13	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	2.00	31.31	62.62	0.32	1.00	0.64	7.00
14	Replantillo de piedra bola	m3	4.00	36.27	145.08	1.00	1.00	4.00	7.00
15	Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	m3	0.40	233.99	93.60	1.00	1.00	0.40	7.00
16	Hormigón simple en plinto f´c=210 kg/cm2	m3	8.00	241.62	1932.96	1.10	1.00	8.80	7.00
17	Hormigón simple en columnas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	4.90	302.45	1482.01	1.50	1.00	7.35	7.00
18	Hormigón simple en vigas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	21.00	360.51	7570.71	2.00	1.00	42.00	7.00
19	Hormigón simple en losa f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	12.80	340.35	4356.48	2.00	1.00	25.60	7.00
20	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2 (cisterna - tanque elevado)	kg	8,664.30	3.09	26772.69	0.06	4.00	129.96	21.00
21	Enlucido de paredes de tanque elevado (incluye impermeabilizante)	m2	103.82	14.86	1542.77	0.50	1.20	43.26	7.00
22	Cubierta con estructura metalica	m2	40.32	56.98	2297.43	0.50	1.00	20.16	7.00
23	Pintura de caucho vinil acrilica	m2	63.50	8.46	537.21	0.30	1.00	19.05	7.00

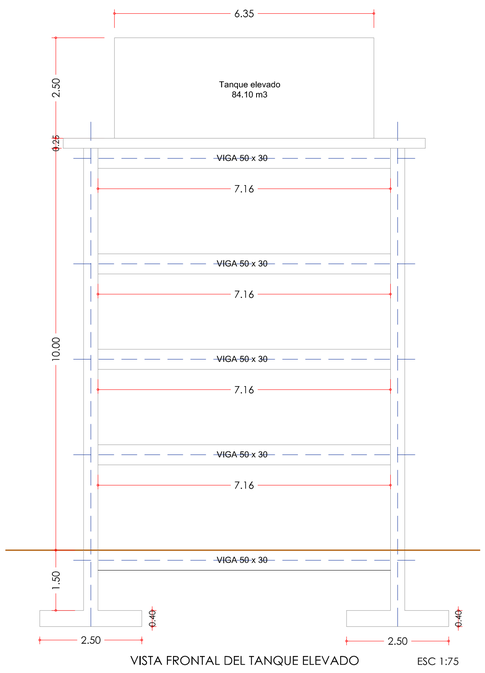
24	Escalera marinera metalica ext. Tubo galv. Poste 2"	ml	10.00	86.91	869.10	0.50	1.00	5.00	7.00
25	Castillo de caña-madera area (5,00x5,00)mts	m2	80.00	23.76	1900.80	0.30	1.00	24.00	7.00
	EQUIPO - ACCESORIOS								
26	Suministro e Instalación de Unidad de OL Modelo 100L, 100000 USGPD (379 m3/dia) (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	u	1.00	191,455.56	191455.56	200.00	1.05	190.48	30.00
27	Suministro e Instalación de Sistema de Filtración Multimedia (Incluye carga, descarga y acarreo con cuadrilla y transporte en gabarra)	u	4.00	33,402.09	133608.36	80.00	1.68	190.48	30.00
28	Suministro e instalacion de Sistema de Microfiltración (incluye transporte en Bote)	u	1.00	8,373.16	8373.16	50.00	1.10	45.45	7.00
29	Suministro e instalacion de Sistema de Limpieza (incluye transporte en Bote)	u	1.00	18,350.46	18350.46	50.00	1.10	45.45	7.00
30	Suministro e instalacion de Filtro de retrolavado del sistema de limpieza (incluye transport	u	1.00	2,560.40	2560.40	10.00	1.00	10.00	7.00
31	Suministro e instalacion de Sistema de Dosificación Química (incluye transporte en Bote)	u	1.00	4,238.13	4238.13	10.00	1.00	10.00	7.00
32	Suministro e instalacion de insumos para el sistema de Microfiltración (incluye transporte en Bote)	u	1.00	1,924.17	1924.17	10.00	1.00	10.00	7.00
33	Suministro e instalacion de insumos para el sistema de retrolavado (incluye transporte en Bote)	u	1.00	151.38	151.38	4.00	1.00	4.00	7.00
34	Suministro e instalacion de insumos para el sistema de limpieza (incluye transporte en Bote)	u	1.00	4,313.37	4313.37	10.00	1.00	10.00	7.00
35	Suministro e instalacion de insumos para el sistema de dosificación quimica (incluye transporte en Bote)	u	1.00	13,209.36	13209.36	30.00	1.00	30.00	7.00
36	Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 63 mm	m	17.00	9.61	163.37	0.15	1.00	2.55	7.00
37	Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 75 mm	m	35.75	11.05	395.04	0.15	1.00	5.36	7.00
38	Suministro e Instalación de tuberia PVC Φ 100 mm	m	11.61	11.97	138.97	0.15	1.00	1.74	7.00
39	Suministro e Instalación de bomba de 2 HP	u	1.00	826.56	826.56	10.00	1.00	10.00	7.00
40	Suministro e Instalación de bomba de 1 HP	u	2.00	499.60	999.20	10.00	1.00	20.00	7.00
41	Suministro e Instalación de valvula con pie de criba 2"	u	3.00	48.69	146.07	1.00	1.00	3.00	7.00
42	Suministro e Instalación de valvula con pie de criba 3"	u	2.00	70.44	140.88	1.00	1.00	2.00	7.00
43	Suministro e Instalación de valvula de retención 2"	u	2.00	34.54	69.08	0.75	1.00	1.50	7.00
44	Suministro e Instalación de valvula de retención 3"	u	2.00	50.47	100.94	0.75	1.00	1.50	7.00
45	Suministro e Instalación de valvula mariposa 2"	u	2.00	50.47	100.94	0.75	1.00	1.50	7.00

46	Suministro e Instalación de valvula mariposa 3"	u	2.00	67.27	134.54	0.75	1.00	1.50	7.00
47	Suministro e Instalación de Codo PVC 90° 4"	u	8.00	11.13	89.04	0.25	1.00	2.00	7.00
48	Suministro e Instalación de Codo PVC 90° 2"	u	12.00	8.03	96.36	0.20	1.00	2.40	7.00
49	Suministro e Instalación de llave compuerta 2"	u	2.00	59.38	118.76	2.00	1.00	4.00	7.00
50	Suministro e Instalación de llave compuerta 3"	u	2.00	96.34	192.68	2.00	1.00	4.00	7.00
	CERRAMIENTO								
51	Limpieza y trazado de terreno	m2	74.68	2.51	187.45	0.10	1.00	7.47	7.00
52	Excavación manual en isla	m3	59.74	12.77	762.88	1.00	1.30	45.95	7.00
53	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	18.67	31.31	584.56	0.32	1.00	5.97	7.00
54	Replantillo de piedra bola	m3	14.94	36.27	541.87	1.00	1.00	14.94	7.00
55	Hormigón simple en replantillo f´c= 140 kg/cm2	m3	2.20	233.99	514.78	1.00	1.00	2.20	7.00
56	Hormigón simple en plinto f´c=210 kg/cm2	m3	5.50	241.62	1328.91	1.10	1.00	6.05	7.00
57	Hormigón simple en columnas f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	2.64	302.45	798.47	1.50	1.00	3.96	7.00
58	Hormigón simple en riostra f´c=210 kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	2.99	355.71	1063.57	2.00	1.00	5.98	7.00
59	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	kg	871.42	3.09	2692.69	0.06	1.20	43.57	7.00
60	Mamposteria de bloque 7cm	m2	210.84	28.32	5970.99	0.40	0.95	88.77	14.00
61	Enlucido de paredes	m2	224.04	13.45	3013.34	0.25	1.20	46.68	7.00
62	Puerta de ingreso principal	u	1.00	424.18	424.18	5.00	1.00	5.00	7.00
		TOTAL			**470,751.49**				

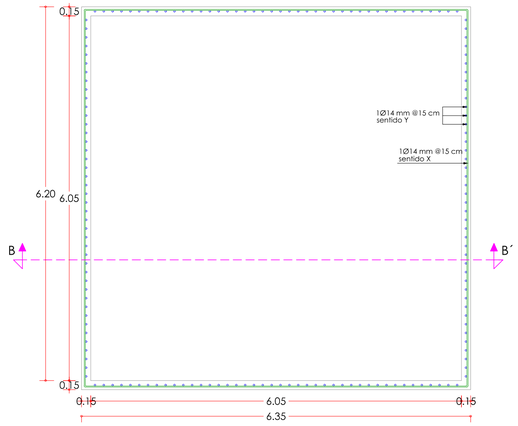
ANEXO F.-
PLANOS



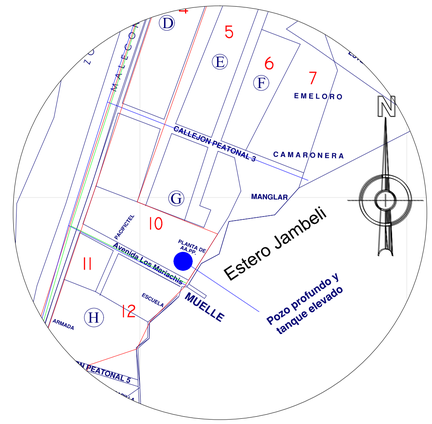
IMPLANTACIÓN ESC 1:75

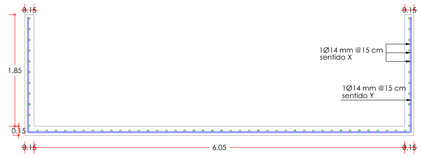


VISTA FRONTAL DEL TANQUE ELEVADO ESC 1:75

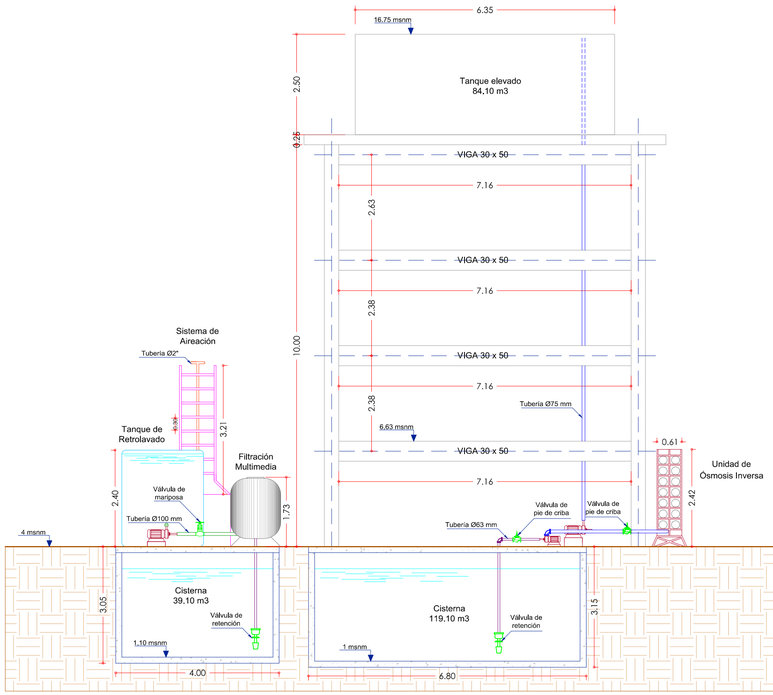


VISTA EN PLANTA DEL TANQUE ELEVADO ESC 1:50

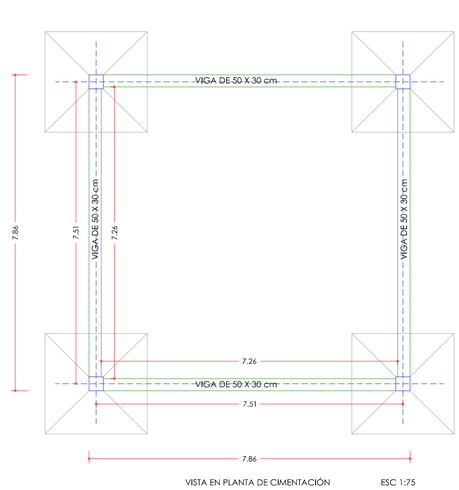




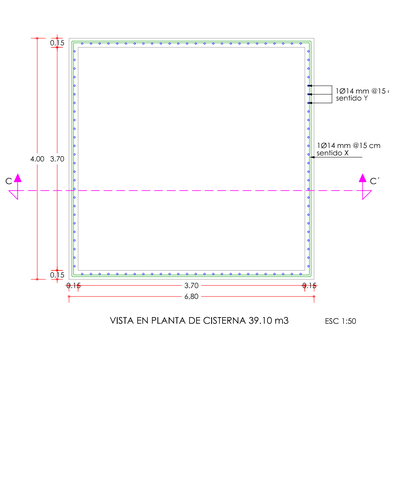
CORTE B- B´ ESC 1:50



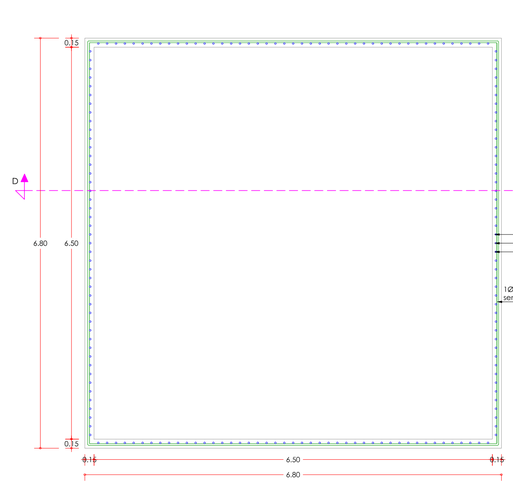
CORTE A-A´ ESC 1:75



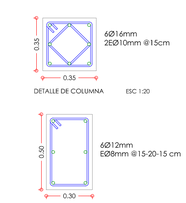
VISTA EN PLANTA DE CIMENTACIÓN ESC 1:75

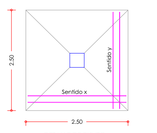


VISTA EN PLANTA DE CISTERNA 39,10 m3 ESC 1:50

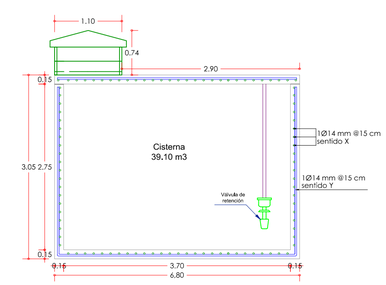


VISTA EN PLANTA DE CISTERNA 119,10 m3 ESC 1:50

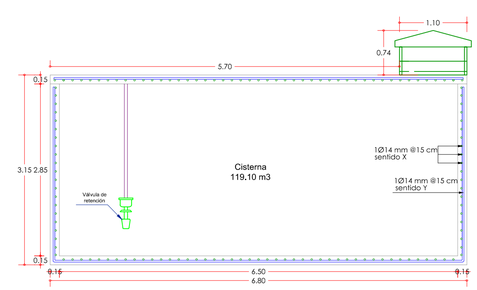




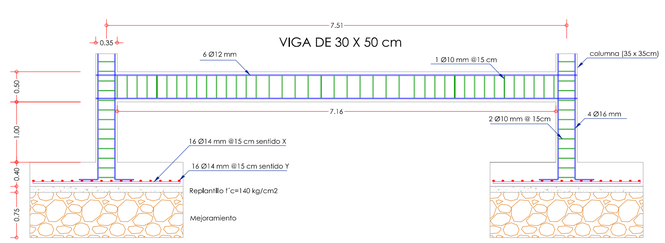
PLANILLA DE PLINTOS						
PLINTOS	TIPO	DIMENSIONES				HIERRO ambos sentidos
		a	b	c	d	
1 - 2 - 3 - 4	I	2.50m	2.50m	0.15m	0.15m	1 14mmc/15cm



CORTE C- C´ ESC 1:50



CORTE D- D´ ESC 1:50



DETALLE DE CIMENTACIÓN ESC 1:50

SIMBOLOGÍA

- Tubería Ø2´´
- Tubería Ø100 mm
- Tubería Ø63 mm
- Tubería Ø75 mm
- Bomba
- Válvula de Retención
- Válvula de pie de criba
- Válvula de mariposa

NOTAS:

1. **ESPECIFICACIONES DE MATERIALES**
   Hormigón Cimentación f'c= 210 kg/cm²
   Columnas y Vigas f'c= 210kg/cm²
   Hormigón en replantillo f'c= 140 kg/cm²
   Hormigón en cisterna f'c= 210 kg/cm²
   Acero de refuerzo fy=4.200 kg/cm²
   Cualquier variación en las secciones estructurales y de refuerzo deberán ser aprobadas por el Ingeniero Estructural.
2. Recubrimiento del acero para todos los elementos en contacto con el suelo debe ser 5.0 cm
   Recubrimiento para refuerzo principal de vigas, columnas, muros y placas de 2.5 cm
   El concreto deberá ser sometido a un curado, manteniendolo humedo al menos durante los primeros 7 dias depues de vaciado.
3. El maximo tamaño del agregado grueso no debe de exceder:
   1/5 de la menor dimensión interna de la formaleta.
   1/3 del espesor de las losas.
   3/4 del espaciamiento libre entre barras.
4. En el momento de la fundición el refuerzo debe de estar libre de aceite, barro o cualquier otra sustancia no mineral que disminuya la aderencia entre concreto y acero.
5. La separación entre barras longitudinales no debe ser menor al diametro de la barra o cm o 1.33 veces el tamaño max. del agregado.
6. Todas las dimensiones deben verificarse en obra.
7. Las longitudes del refuerzo deberán verificarse en la obra con anterioridad al pedido de los materiales

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LÁMINA: 1/1

FECHA: NOVIEMBRE/2015

ESCALA: VARIAS

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE DESALINIZACIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL POZO EXISTENTE EN LAS ISLA JAMBELÍ.

CONTENE:
- IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE DESALINIZACIÓN
- CORTE TRANSVERSAL
- VISTA FRONTAL Y CORTE DEL TANQUE ELEVADO
- VISTA EN PLANTA Y CORTES DE CISTERNAS
- DETALLE DE CIMENTACIÓN
- DETALLES COLUMNAS Y VIGAS

UBICACIÓN: CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO

DIBUJO: EGDA. ANDREA VIVANCO A.

DISEÑÓ: ANDREA VIVANCO A. EGRESADA DE INGENIERÍA CIVIL

APROBÓ: ING. ÁNGEL ROMERO V. TUTOR DEL PROYECTO TÉCNICO

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: PLANTA DE DESALINIZACIÓN CAPITULOS ANDREA VIVANCO.docx (D16312254)
Submitted: 2015-11-21 04:16:00
Submitted By: agromero@utmachala.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

ec.cpe.5.9.2.1997 area rural.pdf (D14348204)
Tesis RIVADENEIRA v V FINAL 20 julio.doc (D14972317)
PAPER janeth 1.docx (D14876057)
RONNYE CRUZ BARRERA PARTE I.docx (D11717513)
MEMORIA TÉCNICA TESIS.pdf (D11888690)
http://www.redalyc.org/pdf/339/Resumenes/Abstract_33921449004_2.pdf
http://www.deswater.com/vol559.php
http://www.redalyc.org/pdf/467/46711301.pdf
http://www.redalyc.org/pdf/3535/353531983002.pdf

Instances where selected sources appear:

18

ING. GUSTAVO ROMERO VALDIVIEZO
TUTOR