



# UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Ángel

“Propuesta de Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua para  
el campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar”

## Tesis

Que para obtener el Título de  
Ingeniero Ambiental

Presenta:

**Rafael Napoleon Huerta López**

**Directora de Tesis:**

Dra. María del Rosario Enríquez Rosado

Puerto Ángel, Oaxaca. Abril 2016

Dedicada a mis padres Gladys López Del Valle y Ramón Huerta Rivera, hermanos Eduardo y Carlos Huerta López, quienes siempre han estado conmigo apoyándome y alentándome, tía Maru y primo Rubén Huerta, tío Agustín Ambríz, quienes me apoyaron, y a toda mi familia.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Rosario Enríquez (Chayo), M. en C. Rocío Gutiérrez e Ing. Martín Zúñiga, por sus consejos, por brindarme la oportunidad de trabajar con ustedes y lo más importante, transmitirme parte de su conocimiento, de corazón gracias.

A los revisores de tesis: M.C. Luis Antonio López García, M. C. María del Rocío Gutiérrez Ortiz, M.C. Eduardo J. Ramírez Chávez, M.C. Cervando Sánchez Muñoz, por sus atinadas observaciones que, sin duda, contribuyeron a mejorar sustancialmente el documento.

Asimismo, es necesario reconocer la colaboración de muchas personas, para la realización del presente trabajo, por lo que agradezco:

Al Departamento de Promoción al Desarrollo de la UMAR, en particular a la M.C. Xóchitl Calderón por el apoyo y seguimiento a este trabajo.

Al Departamento de Mantenimiento: Sr. Roberto Ortiz Toledo, Sr. Juan Ávila Hernández, Sr. Nicasio Jiménez, Ing. Marco Ramírez, Arq. Miriam Guzmán Ordaz por su apoyo en la actualización de los planos y la tubería.

Al Ing. Martín Zúñiga responsable de los Laboratorios de Ingeniería Ambiental, Q.F.B. Coral Mirón Enríquez (muchas gracias Kory), técnico de los Laboratorios de Ingeniería Ambiental, Jorge M. Fernández, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, en la realización de los análisis de calidad del agua. Al M.C. Pablo Torres, responsable del Laboratorio de Acuicultura.

A los diferentes departamentos del campus: Vice-Rectoría Administrativa, Departamento de Recursos Financieros, Departamento de Recursos Humanos, Departamento de Servicios Escolares, Adquisiciones, por facilitarnos información para este trabajo.

A Tania Leyva, muchas gracias vida por apoyarme y escucharme, te amo. A mis amigos de generación Danilo, Julián, Adiel, Lalo, Sandra, Ilda, Brenda y Mago, éxito en sus proyectos de vida.

## Tabla de contenido

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
I.1.	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
	General .....	3
	Específicos .....	3
I.2.	<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
	Disponibilidad del agua.....	6
	Usos del agua .....	7
	Gestión del agua .....	8
	Legislación sobre el agua en México.....	9
	Legislación sobre el agua en Oaxaca.....	10
	Gestión del agua en México .....	11
	Gestión del agua en Oaxaca .....	12
	Uso Eficiente del Agua .....	13
	Planes y programas.....	14
	Programas de Uso Eficiente en Instituciones Educativas .....	15
<b>III.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>17</b>
	<b>EL AGUA EN EL CAMPUS .....</b>	<b>21</b>
	Abastecimiento del agua .....	21
	Usos del agua .....	21
	Descarga del agua .....	22
<b>IV.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL AGUA DEL CAMPUS PUERTO ÁNGEL DE LA UNIVERSIDAD DEL MAR.....</b>	<b>23</b>
IV.1.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
	DETERMINACIÓN DE LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA Y SU ESTADO.....	24
	CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE ACUERDO A LOS USOS DEL AGUA.....	25
	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	29
	Determinación de los parámetros fisicoquímicos.....	30
	Determinación de parámetros microbiológicos.....	31
	Determinación de parámetros químicos.....	31
	<b>BALANCE DEL USO DEL AGUA .....</b>	<b>32</b>
IV.2.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>36</b>

	Determinación de la instalación hidráulica y su estado.....	36
	Cuantificación del consumo de acuerdo a los usos del agua. ....	38
	Determinación de la calidad del agua.....	42
	Balance del uso del agua. ....	46
IV.3.	CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO.....	48
V.	PROPUESTA DEL PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA DEL CAMPUS PUERTO ÁNGEL DE LA UNIVERSIDAD DEL MAR.....	52
VI.	CONCLUSIONES GENERALES .....	57
VII.	RECOMENDACIONES PARA ACTUALIZAR EL DIAGNÓSTICO DEL USO DEL AGUA EN LA UMAR, CAMPUS PUERTO ÁNGEL.....	58
VIII.	REFERENCIAS.....	59
IX.	ANEXOS .....	61

## Índice de Figuras

Figura 1. Distribución de la precipitación normal, 1971-2000.....	7
Figura 2. Usos consuntivos del agua. Fuente: CONAGUA, 2014. ....	8
Figura 3. Grado de presión del agua en México. Fuente CONAGUA, 2013.....	9
Figura 4. Regiones Hidrológicas Administrativas de México.....	12
Figura 5. Regiones hidrológicas de Oaxaca.....	13
Figura 6. Metodología propuesta por el IMTA para la elaboración del PUERA (Bourguett y col., 2003).15	
Figura 7. Organigrama general de la Universidad del Mar. ....	17
Figura 8. Croquis del campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar. ....	19
Figura 9. Pozos y rutas de abastecimiento de agua del campus Puerto Ángel de la UMAR. ....	21
Figura 10. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus Puerto Ángel de la UMAR. ....	22
Figura 11. Esquema general de las etapas del diseño de la propuesta del PUERA-UMAR.....	23
Figura 12. Plano de la red hidráulica del campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar, 2012.....	26
Figura 13. Instalación de medidores de agua en el campus. ....	27
Figura 14. Ramal de medidores conectados al medidor del Laboratorio de Investigación.....	29
Figura 15. Formato del muestreo y registro de los parámetros fisicoquímicos del agua. ....	30
Figura 16. Cisterna general de la UMAR. ....	34
Figura 17. Plano de la Red Hidráulica actualizado. ....	37
Figura 18. Consumo de agua por área de junio a diciembre de 2014 m <sup>3</sup> /día.....	38
Figura 19. Porcentaje de agua consumido por área. ....	39
Figura 20. Consumo de agua en cada área de espacios de uso común en el periodo comprendido junio-diciembre 2014, m <sup>3</sup> . ....	40
Figura 21. Consumo de agua en el área de laboratorios en el periodo comprendido junio-diciembre 2014, m <sup>3</sup> . ....	40
Figura 22. Consumo de agua del Laboratorio de Acuicultura. ....	41
Figura 23. Consumo de agua en el área de académicos en el periodo comprendido junio-diciembre 2014, m <sup>3</sup> . ....	42
Figura 24. Concentración de coliformes totales en los cuatro sitios de muestreo. ....	43
Figura 25. Concentración de coliformes fecales en los cuatro sitios de muestreo.....	44
Figura 26. Abastecimiento de agua al campus (m <sup>3</sup> ) vs precipitación mensual (mm) durante 2014. ....	47
Figura 27. Balance general del agua entradas vs salidas 2014. ....	48

## Índice de Tablas

Tabla 1. Legislación referente al recurso agua en el Estado de Oaxaca.....	10
Tabla 2. Población del campus Puerto Ángel.....	18
Tabla 3. Descripción de los edificios presentados en la Figura 8. ....	20
Tabla 4. Medidores y su diámetro colocados en el campus Puerto Ángel de la UMAR.....	28
Tabla 5. Determinación de los parámetros químicos del agua. ....	32
Tabla 6. Contenedores de almacenamiento del campus.....	35
Tabla 7. Comparativo de la red hidráulica entre el año 2012 y 2015. ....	36
Tabla 8. Consumo de agua m <sup>3</sup> /día para cada área en la UMAR de Puerto Ángel en 2014. ....	39
Tabla 9. Promedio de las 8 campañas de muestreos de los parámetros fisicoquímicos en los 4 sitios de muestreo. ....	45
Tabla 10. Promedio de la Alcalinidad, Dureza y DQO (mg/L) de seis campañas de muestreo.....	45
Tabla 11. Promedio de la concentración (mg/L) de Sulfatos, Cloruros, Amonio y Sulfuros.....	46
Tabla 12. Medidas a adoptar para un uso eficiente del agua del campus Puerto Ángel de la UMAR.....	50