

---

# PROYECTO

## Programa para el Uso Eficiente y Racional del Agua del *campus* Puerto Ángel de la Universidad del Mar

---

**Preparado por:** Dra. María del Rosario Enríquez Rosado  
Pas. Ing. Ambiental Rafael N. Huerta López

**Revisado por:** Dr. Christian Eduardo Hernández Mendoza,  
M.C. Rocío Gutiérrez Ortiz,  
M.C. Cervando Sánchez Muñoz.

**Fecha:** Septiembre de 2014

**Etapas:** 1: Diagnóstico

---



El presente trabajo es el resultado de la colaboración de muchas personas, por lo que se reconoce y agradece el apoyo de:

**Vice-Rectoría Administrativa**

L.C.E. José Luis Ramos Espinoza

Lic. Fernando Gómez

**Departamento de Promoción al Desarrollo**

M.C. Xóchitl Calderón Robles

**Departamento de Mantenimiento:**

Sr. Roberto Ortiz Toledo

Sr. Juan Ávila Hernández

Sr. Nicasio Jiménez Juárez

Ing. Marco Ramírez Enríquez

Arq. Miriam Ordaz Guzmán

**Al Departamento de Recursos Financieros**

**Al Departamento de Recursos Humanos**

**Al Departamento de Servicios Escolares**

**Al Laboratorio de Acuicultura**

M.C. Pablo Torres Hernández

**A los Laboratorios de Ingeniería Ambiental**

Ing. Martín Zúñiga Ramírez, Responsable

Quim. Coral Mirón Enríquez, técnico de los Laboratorios de Ingeniería Ambiental

Jorge M. Fernández, estudiante de tercer semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental

... Y a TODOS los participantes de la comunidad universitaria que apoyaron respondiendo las encuestas.

Equipo de trabajo del PUERA

Pas. Ing. Ambiental Rafael N. López Huerta (Tesisista de Licenciatura)

Pas. Ing. Ambiental Iris C. Valdés Domínguez (Servicio Social)

Dra. María del Rosario Enríquez Rosado (Responsable)

|   |    |
|---|----|
| ÍNDICE .....  | 2  |
| INTRODUCCIÓN .....  | 3  |
| I. MARCO DE REFERENCIA .....  | 4  |
| II. MARCO DE ACCIÓN: Campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar .....    | 6  |
| DIAGNÓSTICO DEL USO DEL AGUA EN EL CAMPUS PUERTO ÁNGEL DE LA UMAR.....      | 11 |
| III. Determinar la estructura hidráulica.....                               | 11 |
| III.1. Identificación y registro de los componentes hidráulicos .....       | 11 |
| IV. Identificar los usos del agua .....                                     | 14 |
| IV.1. Levantamiento de encuestas a usuarios.....                            | 14 |
| IV.2. Inventario del uso del agua.....                                      | 19 |
| V. Efectuar un Balance del uso del agua.....                                | 26 |
| V.1. Balance de uso del agua .....  | 26 |
| CALIDAD DEL AGUA.....   | 28 |
| DISEÑO DE PROGRAMA DE USO RESPONSABLE DEL AGUA DE LA UMAR-PUERTO ÁNGEL..... | 32 |
| CONCLUSIONES .....  | 33 |
| Perspectivas a corto plazo (3 meses): .....                                 | 34 |
| REFERENCIAS.....  | 35 |
| ANEXO A: INFORMACIÓN .....  | 36 |
| ANEXO B. MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL PROGRAMA.....                              | 38 |
| ANEXO C: FORMATOS .....   | 40 |

Decir que el agua es un recurso indispensable para la subsistencia del ser humano pareciera un lugar común; sin embargo, es una realidad que el crecimiento poblacional asociado a una distribución inadecuada –tanto geográfica como socialmente- del recurso, así como una eventual modificación del ciclo hidrológico debido a la variación climática, hace que la frase cobre una relevancia indiscutible en cualquier ámbito: social, ambiental y económico.

Según estimaciones del Consejo Nacional de Población, en 2014 la población en México, ascendería a 119.7 millones de habitantes, los cuales se encuentran distribuidos en casi 2 millones de km<sup>2</sup>. Esta misma superficie puede ser dividida en 731 cuencas hidrológicas y/o 653 acuíferos; dicha división se refiere a la distribución de aguas superficiales o subterráneas existentes en el país. Estos recursos hídricos son gestionados en 13 regiones hidrológicas-administrativas (RHA) sobre el territorio nacional.

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CNA), existe un contraste entre la aportación al Producto Interno Bruto (PIB) de algunas RHA y la cantidad de agua renovable de dicha región ya que en cuatro RHA (Lerma-Santiago (VI), Yucatán (VIII), Río Bravo (XII) y Valle de México (XIII)), se concentran el 53.1% de la población en un 37% del territorio, aportando el 64.3% del PIB y cuentan con sólo el 18% anual del agua renovable reportada para el país; mientras que el resto de la población (46.9%) ocupa 63% del territorio nacional y su porcentaje de agua renovable es del 82%, aunque sólo contribuye con el 35.7% al PIB. Si por agua renovable se entiende a la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente en una región, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y el agua proveniente de otras regiones o países (CNA, 2013), las RHA VI, VIII, XII y XIII podrían tener en un futuro problemas para satisfacer las demandas de la sociedad.

La mayor parte del territorio del Estado de Oaxaca se encuentra dentro de la RHA V (Pacífico-Sur), la cual pertenece al grupo de RHA en donde el porcentaje de agua renovable es muy alto; sin embargo, si esto se analiza en términos temporales, el 78% de la recarga de acuíferos por precipitaciones pluviales ocurre en cuatro meses (junio-septiembre), por lo que la temporada de secas es muy larga y es cuando se podrían presentar problemas de abastecimiento, tanto a la sociedad en general, como a las distintas entidades (públicas o privadas) que producen bienes o brindan servicios, por lo que el uso responsable del recurso es indispensable.

Las Instituciones de Educación Superior brindan servicios educativos a la sociedad; entre sus actividades se contemplan acciones que conllevan el uso del agua, por lo que es necesario que se garantice el abasto del agua para llevar a cabo sus funciones, aunado a que tiene un compromiso ético con la sociedad para su uso responsable, aplicando el principio de responsabilidad compartida.

La Universidad del Mar (UMAR), es una Institución Pública de Educación Superior ubicada en la Región Costa del Estado de Oaxaca y tiene entre sus fines la impartición de educación de los

niveles de licenciatura, maestría y doctorado, contribuir mediante el desarrollo de investigaciones, a la independencia científica y tecnológica del país y del estado, así como fomentar el respeto a la dignidad humana dentro de un marco de paz, justicia, libertad y solidaridad social. La UMAR, se creó para el estudio y conservación de los sistemas naturales con énfasis en el mar y sus costas, por lo que con el fin de mantener su compromiso hacia la sociedad y el ambiente, ha empezado a optimizar su operación diaria mediante la implementación de programas de manejo. En este trabajo se presenta un estudio diagnóstico del uso de agua en el campus Puerto Ángel de la UMAR, con el fin de implementar un Programa de Uso Eficiente y Responsable del recurso para la operación de dicho campus, así como generar la metodología propia, adaptada a nuestras propias realidades (región, climas, etc.), para poder extenderla hacia los otros campus de la Institución.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una propuesta de Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua para el *campus* Puerto Ángel de la Universidad del Mar.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

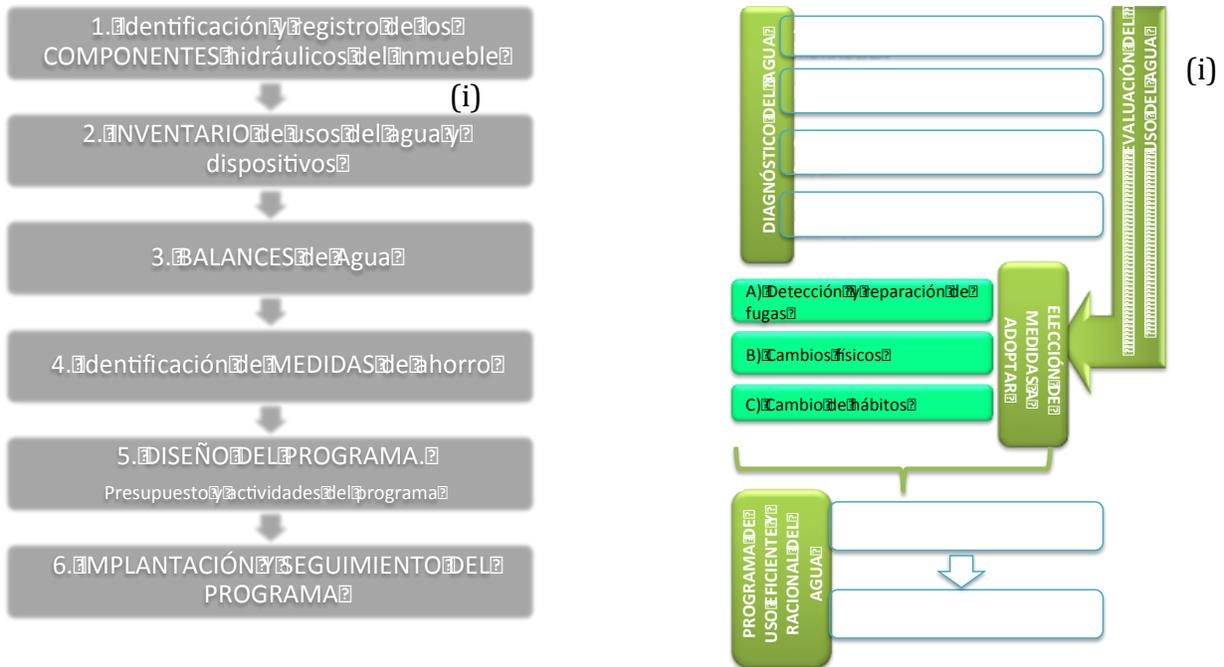
1. Realizar un diagnóstico del uso actual del agua en las actividades diarias del campus.
2. Evaluar la calidad del agua que ingresa al campus Puerto Ángel.
3. Proponer medidas para la reducción del consumo de agua.

## **I. MARCO DE REFERENCIA**

Para el diseño del Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua (PUERA) del campus Puerto Ángel de la UMAR se tomaron como referencia dos fuentes: (i) el Manual para el Uso Eficiente y Racional del Agua propuesto por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (PUERA-IMTA) y (ii) el Programa Universitario de Manejo, Uso y Reuso del Agua de la UNAM (PUMAGUA).

PUERA-IMTA: El Manual para el Uso Eficiente y Racional del Agua propuesto por el IMTA (Bourguetti, 2003) resulta de un acuerdo de austeridad firmado en 1999 así como de la implementación de Sistemas de Manejo Ambiental para todas las dependencias del gobierno federal; en términos generales es una guía para orientar a las instituciones sobre la forma de proceder para la implementación de un PUERA. La Fig. 1 muestra la metodología propuesta por el IMTA.

PUMAGUA: Este programa fue implementado desde 2008 promoviendo acciones prioritarias para la conservación integral del agua. Actualmente cuenta con un sitio web (<http://www.pumagua.unam.mx>) en el que se da información sobre el seguimiento y la operación de la distribución del agua en varias facultades de la Universidad Nacional Autónoma de México. A diferencia de la guía propuesta por el PUERA-IMTA, el PUMAGUA considera además de las cuatro primeras acciones para el diagnóstico, una cuarta referida a la calidad del agua, así, los ejes de acción contemplados por el PUMAGUA son cuatro: (i) Balance del Agua, (ii) Calidad del Agua, (iii) Sistemas de Información Geográfica y (iv) Comunicación y Participación.



**Fig. 1.** (i) Metodología propuesta por el IMTA para la elaboración del PUERA (Bourguetti y col., 2003); (ii) Metodología a seguir en la elaboración del PUERA-UMAR; adaptada de IMTA.

Cada uno de estos ejes consisten en lo siguiente:

Balance hidráulico:

- Etapa de autoevaluación
- Etapa de implementación: proponer la detección y localización de fugas de agua potable, sectorización y control de las presiones de la red, colocación de muebles de baño eficientes, implementación de sistemas de riego eficiente y eventual captación de agua de lluvia

Calidad del Agua:

- Verificar la calidad del agua potable y tratada con el fin de verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable y que sea apta para los distintos usos.

### Sistema de Información Geográfica:

- Información sobre el sistema de manejo de agua (pozos, tuberías, válvulas medidores, plantas de tratamiento, áreas de riego, etc.) con el fin de gestionar el sistema con una visión integral.

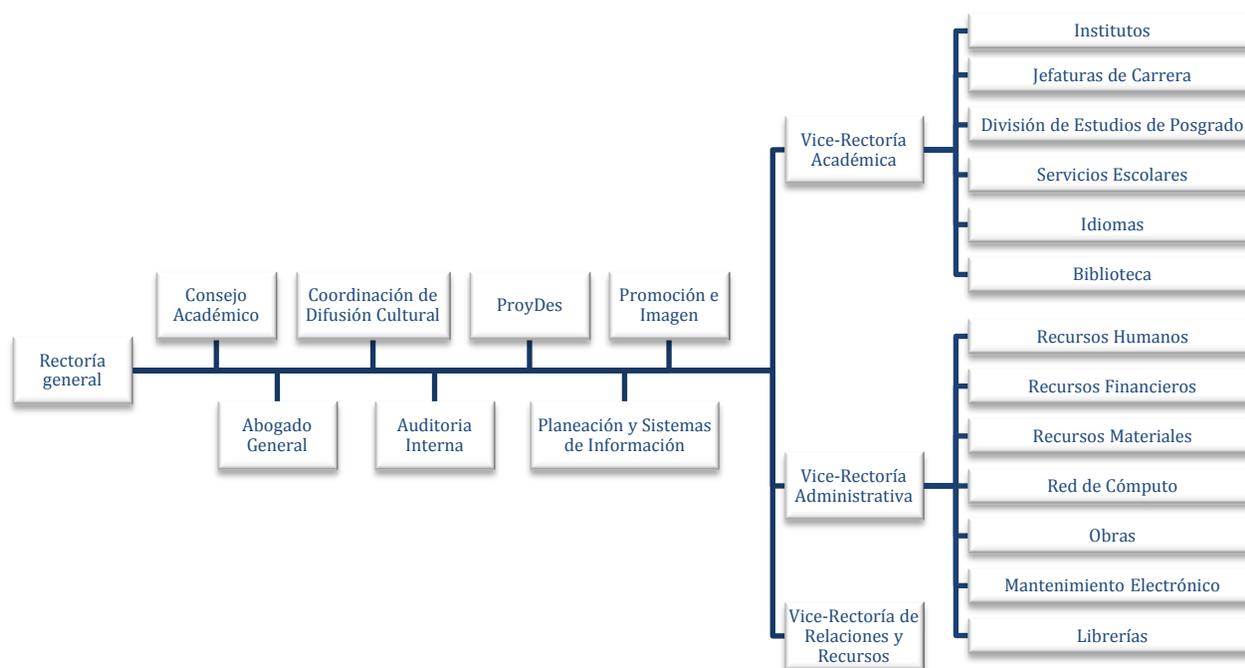
Para la elaboración del PUERA del campus Puerto Ángel de la UMAR, se siguió la metodología así como algunos formatos propuestos por el IMTA, adicionando la evaluación de la calidad del agua que ingresa al campus propuesta en el PUMAGUA (Fig. 1(ii)).

## **II. MARCO DE ACCIÓN: Campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar**

La Universidad del Mar (UMAR) es una Institución Pública de Educación Superior, ubicada en la Región Costa del Estado de Oaxaca, cuyos fines son la formación de recursos humanos en los niveles de Licenciatura, Maestría y Doctorado, así como la realización de investigaciones científicas, humanísticas y tecnológicas, orientados a la conservación, desarrollo y explotación de los recursos naturales de México en general y de Oaxaca en particular.

Actualmente cuenta con tres *campus*: Puerto Ángel, Puerto Escondido y Huatulco, en donde se imparten 15 Licenciaturas, 8 Maestrías y 2 Doctorados; así como un centro de capacitación turística (Cd. Oaxaca).

En la Fig. 2 se presenta el organigrama general de la Universidad del Mar, quienes coordinan las diversas actividades que en ella se realizan.



**Fig. 2.** Organigrama general de la Universidad del Mar.

### Campus Puerto Ángel

En el campus Puerto Ángel, se imparten las carreras de Biología Marina, Ciencias Marítimas, Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería Ambiental y Oceanología, así como las Maestría en Ciencias Ambientales y Ecología Marina, y 2 doctorados en las mismas áreas. Diariamente 613 personas, entre personal de la universidad y estudiantes (Tabla 1), hacen uso de las instalaciones universitarias.

**Tabla 1.** Población del campus Puerto Ángel.

| Población estudiantil* | Académicos | Administrativos | Mantenimiento | Total |
|------------------------|------------|-----------------|---------------|-------|
| 326                    | 91         | 122             | 74            | 613   |

\* Información del semestre 2013-2014

El campus Puerto Ángel, es el primero de los tres campus de la Universidad del Mar, el cual se estableció en el año 1992, por Decreto del Gobernador del Estado, en un predio de 7.05 hectáreas, que ocupaba la hasta entonces Escuela Secundaria Técnica Pesquera (ESTP) de la localidad de Puerto Ángel. En 1997, el Huracán Paulina, impactó en las costas de Oaxaca, causando graves daños en la región y las instalaciones del campus sufrieron el mismo efecto.

Por lo anterior, el estado actual de la infraestructura del campus es el resultado de (i) la adaptación a las antiguas instalaciones de la ESTP, (ii) de la reconstrucción de las instalaciones posterior al paso del huracán y, (iii) del crecimiento de acuerdo a las necesidades propias de la Institución. Actualmente, el campus está constituido de dos predios, el principal (antiguas instalaciones de la ESTP) y un predio adicional en donde se ubica la alberca universitaria y un estacionamiento.

En la Fig. 3 se muestra de manera general, la distribución de los edificios que integran al día de hoy el campus Puerto Ángel de la UMAR; en la Tabla 2 se presenta la descripción de cada bloque. Los edificios remarcados con verde fluorescente son aquellos que existían previamente a la instauración de la UMAR. Se cuentan con 19 laboratorios, 13 aulas, 3 salas de cómputo, 2 edificios administrativos (servicios escolares, rectoría), 2 jefaturas, 3 edificios con cubículos para profesores, así como una serie de servicios generales (bibliotecas, instalaciones deportivas, talleres, etc.) que en conjunto, contribuyen a la realización de las funciones sustantivas de la Universidad.



**Fig. 3.** Croquis del campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar.

**Tabla 2.** Descripción de los edificios presentados en la Fig. 2

| Área              | Edificio(s)   |
|-------------------|---|
| Institutos        | Ecología e industrias (13), recursos (4), y ciencias sociales y humanidades (12)  |
| Jefaturas         | Jefatura de carreras (6), División de estudios de postgrado (46)  |
| Laboratorios      | Dinámica de poblaciones pesqueras, histología, oceanografía biológica y cálculo masivo (9), alimentos (11), acuicultura (3), investigación (5), oceanografía química (17), oceanografía biológica y ecología del bentos (7), sistemática de invertebrados (51), ictiología y biología pesquera y dinámica costera (15), oceanografía física y colecciones de peces (18B), idiomas (19), sistemas de información geográfica (49), ecología del desarrollo (57), ingeniería ambiental, LIA, (40), planta piloto (41) y anexos a los LIA (58)  |
| Administración    | Rectoría (54), servicios escolares (23) y promoción e imagen (15c)  |
| Servicios         | Enfermería (25), sub-estación eléctrica y planta de emergencia No.1 (8), sub-estación eléctrica y planta de emergencia No.2 (42), planta tratadora de agua (43), cisterna general (A), tanque elevado (B), cisterna agua de mar (c), cisterna acuicultura (d), casa del rector (1), casas para profesores (25-27, 29-35, 44), almacenes generales 1 y 2 (10 y 48), casetas de vigilancia (50 y 51), cafetería (24), biblioteca (14), auditorio (14), aulas (18A, 22), gimnasio (16), paraninfo y sala de seminario (20), salas de cómputo (21), departamento de visitas (28), alberca semi-olímpica (39), estacionamiento (47), almacén de reactivos (2 y 56), red de cómputo y mantenimiento eléctrico (22 A), cuarto de buceo y área de lavado (10), cancha de usos múltiples (45), aula audiovisual (9) y sala de autoacceso (19), laboratorio de cómputo (56), mantenimiento general (38), carpintería (37) y mecánica. |
| Zona Habitacional | Casas 1-12 (25-36 y 44)   |

### El agua en el campus:

#### *Abastecimiento del agua*

El agua utilizada en el campus se abastece de tres fuentes: (i) Pozo 1 ubicado en la agencia de Zipolite, Pochutla; (ii) Pozo 2, ubicado en la comunidad del Colorado, Pochutla; (iii) Red Municipal.

Es necesario resaltar que el agua abastecida de la red municipal y los distintos pozos, no cuenta con un tratamiento de potabilización, por lo que el agua utilizada para beber o en la preparación de alimentos, proviene de agua purificada adquirida por la Universidad a distintos proveedores.

### *Usos del agua*

De manera preliminar, se puede decir que el agua utilizada en el campus, se destina básicamente a usos consuntivos, es decir, a la realización de actividades como:

- Uso doméstico (limpieza de edificios, sanitarios, etc.)
- Riego de jardines
- Uso en los laboratorios (lavado de material, agua destilada, entre otros)
- Acuicultura
- Alberca

### *Descarga del agua*

El agua utilizada en las tarjas y baños del campus Puerto Ángel se descarga en distintos pozos de absorción ubicados alrededor del campus, así como en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR-UMAR) de bajo costo. Sólo el 30% de las aguas grises y negras se descargan por gravedad en la PTAR-UMAR debido principalmente a la configuración geográfica del predio en donde se ubica el campus.

La PTAR-UMAR consiste en un tren de tratamiento de tres etapas: (a) un sedimentador y un tanque de recirculación, (b) un sistema de tres biorreactores anaerobios operando a 50 L/h y (c) un humedal artificial de flujo sub-superficial. Con fines académicos se ha implementado un sistema de desinfección fotocatalítica solar que actualmente se encuentra fuera de operación. El agua tratada es usada para el riego de un área pequeña de jardín.



**Fig. 4.** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Campus Puerto Ángel de la UMAR.

# DIAGNÓSTICO DEL USO DEL AGUA EN EL CAMPUS PUERTO ÁNGEL DE LA UMAR

---

Este capítulo corresponde a la primera etapa del proyecto de Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua (PUERA) del campus Puerto Ángel de la UMAR. Su desarrollo es por demás importante, ya que tiene por objetivo la identificación de los distintos usos que se le dan al agua, la forma de usarla así como conocer la cantidad empleada para cada una de las actividades. El análisis de los resultados obtenidos, permitirá la selección de medidas a adoptar en el diseño del PUERA.

El diagnóstico está compuesto por cuatro etapas: La determinación de la estructura hidráulica, la identificación de los usos del agua, la realización del balance del uso del agua y la determinación de su calidad. A continuación se detallan las metodologías seguidas en cada rubro así como los resultados obtenidos de los mismos.

## III. Determinación de la estructura hidráulica

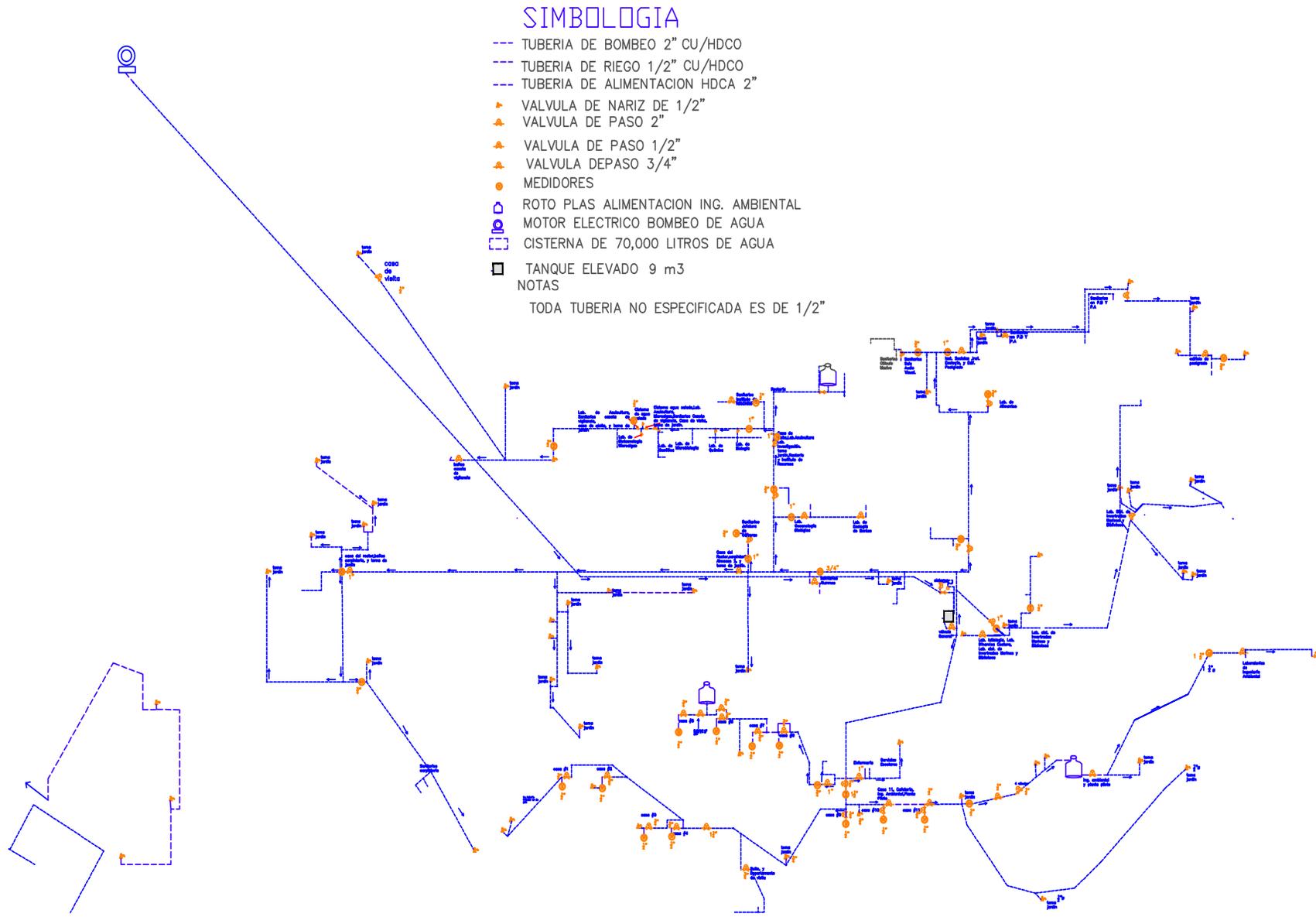
### III.1. Identificación y registro de los componentes hidráulicos

En la Fig. 3, se muestran, remarcados con verde fluorescente, los edificios con los que ya contaba el predio previamente a la instalación del campus. El resto, corresponde a edificios que se han venido construyendo desde 1992 a la fecha, de acuerdo a las necesidades propias de la Institución. En el anexo I se proporciona información sobre la antigüedad de cada uno de los edificios, así como la principal actividad que en ellos se realizan.

Así como los edificios, la red hidráulica se ha venido adaptando de acuerdo a las necesidades por lo que existen tramos que datan de la época de la ESTP (antes de 1992), razón por la cual, la identificación de la red hidráulica se ha realizado en un tiempo mayor al esperado. Dicha identificación se realizó en paralelo a la instalación de 25 medidores que fueron necesarios para la ejecución del inventario del uso del agua (Ver Tabla 3).

La Fig. 5, muestra el plano actualizado de la red hidráulica de la universidad especificando las llaves de jardín, las válvulas de paso y los medidores colocados, así como el diámetro de cada accesorio. En la Tabla 3 se especifican las características de los medidores así como la referencia de los edificios (Fig. 3) en donde fueron ubicados.

El número de válvulas de paso colocadas en el predio que ocupa el campus es de 69 y las llaves para riego de jardín (de nariz) son 54.



**Fig. 5.** Plano actualizado de la red hidráulica del campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar.

La Tabla 3 detalla las características de los medidores, así como su ubicación de acuerdo al croquis del campus y a la red hidráulica (Ver Fig. 3 y 5).

**Tabla 3.** Características de los medidores instalados en el campus

| No. | Diámetro (in) | Área (Número de edificio)                                   | No. | Diámetro (in) | Área (Número de edificio)                            |
|-----|---------------|---|-----|---------------|--|
| 1   | 3/4           | TALLERES<br>(37, 38, 48, 59)                                | 13  | 1             | RECTORÍA<br>(54)                                     |
| 2   | 1             | CASA RECTOR<br>(1)  | 14  | 3/4           | CUARTO LAVADO, BUCEO<br>Y LAB. OCEANOLOGÍA<br>(9,10) |
| 3   | 1             | PASILLO PRINCIPAL<br>(19, 20)                               | 15  | 3/4           | ALIMENTOS<br>(11)                                    |
| 4   | 1/2           | DEPTO 1 y 2<br>(44)   | 16  | 1             | EDIFICIO DE SOCIALES Y<br>ECOLOGÍA<br>(12, 13)       |
| 5   | 1/2           | CUARTO DE REACTIVOS Y<br>CASETA DE VIGILANCIA<br>(51,55, 2) | 17  | 3/4           | EDIFICIO DE POSGRADO<br>(46)                         |
| 6   | 1/2           | ACUACULTURA<br>(3)  | 18  | 1/2           | LABORATORIO DE<br>PESQUERÍAS<br>(15)                 |
| 7   | 1             | LABORATORIO DE<br>INVESTIGACIÓN<br>(5)                      | 19  | 1             | BIBLIOTECA<br>(44)                                   |
| 8   | 1/2           | INSTITUTO DE<br>RECURSOS<br>(4)                             | 20  | 1/2           | CAFETERIA<br>(24)                                    |
| 9   | 3/4           | BAÑOS-LAB BIOLOGIA<br>(7)                                   | 21  | 1 1/2         | INGENIERÍA AMBIENTAL<br>(40, 41, 58)                 |
| 10  | 3/4           | JEFATURA DE CARRERAS<br>(6)                                 | 22  | 1 1/2         | BIFURCACIÓN ZONA SUR-<br>CAFETERIA<br>(Frente a 27)  |
| 11  | 3/4           | BAÑOS AULAS<br>(22A)  | 23  | 3/4           | COSTADO DE<br>ENFERMERÍA<br>(23)                     |
| 12  | 3/4           | LAB. QUÍMICA Y GYM<br>(16, 17)                              | 24  | 1             | LAB. BIOLOGÍA Y BENTOS<br>(7B, 7C)                   |

En términos de los depósitos de almacenamiento, el campus cuenta con tres principales depósitos generales: la cisterna general con una capacidad de 62 m<sup>3</sup>, cisterna de reserva de 14.2 m<sup>3</sup> y un tanque elevado para la distribución del agua de 9.2 m<sup>3</sup>. Asimismo, algunas áreas requieren de la instalación de depósitos para el desarrollo de sus actividades, por ejemplo:

- Laboratorio de Acuicultura: En este laboratorio se desarrollan principalmente actividades alrededor del cultivo de organismos acuáticos (peces, langostinos, etc.) tanto de agua dulce como salada, por lo que se requieren de dos cisternas, una de agua salada y otra de agua dulce. Esencialmente apoya a la docencia de la carrera de acuicultura y trabajos de tesis de los estudiantes de licenciatura. Tiene una capacidad instalada de aproximadamente 77 m<sup>3</sup> (peceras, estanques, etc.) y operan al 50% de su capacidad; asimismo, cuenta con una cisterna de agua dulce (23 m<sup>3</sup>) y una de agua salada (47 m<sup>3</sup>).
- Alberca universitaria: Esta es una de las instalaciones deportivas del campus para la práctica de natación y buceo, tanto como actividad deportiva propiamente, o en cursos de formación de habilidades necesarias en varias licenciaturas. Las dimensiones de la alberca son de (12.5 m x 25 m x Y m), donde Y es la profundidad que en la parte más baja es de 1.4 m y en la más profunda de 4 m; de esta manera el volumen del agua contenida en la alberca es de 780 m<sup>3</sup>. Aunado a la alberca misma, este espacio cuenta con una cisterna de 8 m<sup>3</sup> y un tanque de 10 m<sup>3</sup> que se utiliza para la limpieza del agua y posterior recirculación a la alberca. De esta manera, una vez llenada la alberca, el agua que entra al segundo predio del campus se utiliza para reposición de agua evaporada, para los servicios sanitarios y el riego de jardín.
- Laboratorio de alimentos. Este es un espacio que se utiliza para trabajos de tesis de licenciatura y producción de alimentos a base de pescado. Cuenta con un tinaco de 0.450 m<sup>3</sup>.
- Existen tres tinacos adicionales de 1 m<sup>3</sup> utilizados a manera de contenedores auxiliares para los edificios de Rectoría, Ingeniería Ambiental y una casa habitación.

Adicionalmente, es necesario mencionar, que en los edificios de la UMAR-Puerto Ángel están colocadas 60 tarjas con llaves mezcladoras y cuello de ganso, 23 lavaderos fabricados de cemento con llaves de nariz, 30 regaderas, 30 mesas con lavabo metálico en los diferentes laboratorios, 4 mesas de acero inoxidable con 20 llaves de nariz, 58 lavabos y sus respectivas llaves, 64 inodoros y 23 mingitorios. Cabe resaltar que la mayoría de los inodoros cuentan con descarga de 6 L.

## **IV. Identificación de los usos del agua**

### **IV.1. Levantamiento de encuestas a usuarios**

Esta actividad permite conocer desde la perspectiva de los usuarios, la cantidad y la forma de uso del agua en sus distintas actividades, por lo que se entrevistó al personal de cuatro sectores de la comunidad universitaria, los técnicos de laboratorio, personal de intendencia, jardinería y

mantenimiento. En el Anexo III se presentan los formatos utilizados para la entrevistas realizadas, lo cuales fueron adaptados del Manual para la elaboración del PUERA (IMTA). Es necesario resaltar que a usuarios como profesores, estudiantes y personal administrativo se optó por realizar una estimación teórica. A continuación se presenta la información obtenida.

### 1) *Técnicos de laboratorios*

Las preguntas para los técnicos de laboratorios giraron en torno al uso de agua corriente (del sistema) y al uso o producción de agua destilada; esto último es importante debido a que su producción implica requerimientos importantes de agua corriente para enfriamiento del destilador. En un cálculo aproximado, el técnico de Planta Piloto reporta el uso de 280 L de agua para enfriamiento por cada 20 L de agua destilada producida.

**Tabla 4.** Usos de Agua en los laboratorios de la UMAR-Puerto Ángel.

| <b>Identificación<br/>medidor</b> | <b>Laboratorio</b>                    | <b>Consumo diario<br/>de agua destilada<br/>(L)</b> | <b>Consumo diario de<br/>agua de llave<br/>(L)</b> |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| Acuicultura                       | Acuicultura                           | 0.2   | *  |
|                                   | Bioteología de microalgas             | 1   | 20   |
| Gimnasio y<br>química             | Oc. Química y Biogeoquímica           | 4   | 36   |
|                                   | Oceanografía física                   | 0.1   | 20   |
| Biología y<br>Bentos              | Oceanografía Biológica                | 0   | 60   |
|                                   | Ecología de Bentos                    | 1   | 30   |
| Alimentos                         | Análisis y tecnología de<br>alimentos | 1   | 150  |
| Pesquerías                        | Ictiología y Biología Pesquera        | 0.014   | 20   |
| Invertebrados                     | Sistemática de Invertebrados          | 0   | 31   |
|                                   | Dinámica de poblaciones<br>pesqueras  | 2   | 3  |
|                                   | Ecología de Bentos                    | 1   | 30   |
| Lab. Oceanología                  | Histología                            | 4   | 5  |
|                                   | Oceanografía Geológica                | 3   | 10   |
|                                   | Cálculo Masivo                        | 0   | 70   |
| Investigación                     | Química **                            | 1   | 60   |
|                                   | Genética y Microbiología              | 4   | 20   |
| Ambiental                         | Ingeniería Ambiental<br>"Procesos"*** | 2   | 60   |
|                                   | Área Química (Ing. Ambiental)         | 6   | 40   |

\* La información del laboratorio de acuicultura se analizará en secciones posteriores dada la particularidad de este espacio

\*\* En estos laboratorios se produce agua destilada

La producción de agua destilada se realiza en el Laboratorio de Investigación y la Planta Piloto de los Laboratorios de Ingeniería Ambiental, en el segundo se utiliza de forma alternada dos destiladores Barnstead de (3.8 y 7.6 L/h); en el laboratorio de investigación se cuenta con un destilador (Felisa, Mod. FE393) de 7.0 L/h capacidad. De acuerdo a lo reportado por los técnicos de estos dos laboratorios, se producen cerca de 60 L de agua por semana; en contraparte, los usuarios de agua destilada reportan consumir alrededor de 30 L diarios en una semana de clases normales durante el semestre, por lo que la producción debiera incrementarse al menos al doble en estas temporadas (véase la Tabla 4); dada la diferencia entre lo reportado por usuarios y productores de agua destilada, sería adecuado que ambos llevaran un registro de producción y consumo semanalmente. El laboratorio de Investigación es el que provee de este tipo de agua a la mayoría de los laboratorios de la Universidad y los laboratorios de Ingeniería Ambiental producen la totalidad de agua ocupado en esos mismos espacios que es de alrededor de 20 L semanales.

Respecto al agua corriente, y de acuerdo a lo reportado por los técnicos, se utilizan alrededor de 600 L diarios en actividades académicas, con excepción del laboratorio de acuicultura (véase la Tabla 4). En éste último caso, si bien cuenta con una capacidad instalada de alrededor de 77 m<sup>3</sup>, sólo se opera al 50%. Semanalmente, se requiere el cambio de agua, salada o dulce, para el cultivo de peces, lo cual representa alrededor de 7 m<sup>3</sup>.

Más adelante se comparará la información presentada en esta sección con las registradas por los medidores de los distintos edificios.

## *2) Personal de Intendencia*

Se entrevistó a la totalidad del personal de intendencia y las preguntas realizadas fueron respecto al número y tipo de áreas limpiadas, así como la cantidad de cubetas de agua que utilizaban y su volumen. Es necesario resaltar que en la Universidad del Mar, la limpieza de todas las áreas se realiza diariamente.

En la Tabla 5 se reporta el volumen estimado de agua por limpieza por cada intendente, lo que suma aproximadamente 1.6 m<sup>3</sup> considerando que cada cubeta de 20 L se llena al 75% de su capacidad. En algunos casos, el personal puede realizar la limpieza de espacios sin sanitarios, por lo que aunque sea un mayor número de áreas, la cantidad utilizada de agua no refleja un mayor volumen. Como es de esperarse, los sanitarios son los lugares en los que se utiliza la mayor cantidad de agua y es en estos espacios en donde se pudiera evaluar formas de reducción de consumo de agua.

**Tabla 5.** Uso de agua por personal de intendencia

| # Intendente  | Áreas  | Número de cubetas | Volumen estimado (L) |
|---------------|--|-------------------|----------------------|
| Intendente 1  | Rectoría planta alta, sanitarios planta alta, paraninfo y sala de seminarios   | 5                 | 75                   |
| Intendente 2  | Laboratorios de Ingeniería Ambiental (6 laboratorios, planta piloto y dos baños), Servicios Escolares y sanitario, Enfermería y su sanitario | 19                | 285                  |
| Intendente 3  | Salas de computo A y B, salas de computo nuevas, aula 8  | 3.4               | 51                   |
| Intendente 4  | Lab. De Oceanografía química, Bentos, aula 4   | 13                | 195                  |
| Intendente 5  | Sanitarios de carpintería, alberca, aula 12, auto acceso   | 15.5              | 232.5                |
| Intendente 6  | Laboratorio de Oceanografía Biológica, Edificio de Ciencias Sociales   | N.E               | N.E                  |
| Intendente 7  | Audiovisual, jefatura de carreras, suite, Lab. Oceanología, un baño, aula 13.  | 11                | 165                  |
| Intendente 8  | Biblioteca (cuarto de video y sala de estudio)   | 10                | 150                  |
| Intendente 9  | Red de computo, edificio de Industrias, Laboratorio de Alimentos y Sanitarios de edificio de Industrias                                      | 10                | 150                  |
| Intendente 10 | Rectoría   | 11                | 165                  |
| Intendente 11 | Edificio de Humanidades planta alta, sanitarios de hombres, pesquería y aula 7   | 6                 | 90                   |
| Intendente 12 | Área de vigilancia, Laboratorio de investigación y pasillos del Laboratorio de investigación   | 4.5               | 67.5                 |

*N.E. no especifica*

### 3) Jardineros

La entrevista a los jardineros, se llevó a cabo para conocer la duración de riego de las diferentes áreas así como la técnica empleada en esta actividad, dado que ésta actividad puede representar un alto porcentaje en el volumen total de agua utilizado en una institución. En la UMAR-Puerto Ángel, los jardines se encuentran bien cuidados, se realiza la limpieza y su mantenimiento todos los días y el riego se lleva a cabo dos veces a la semana.

Los resultados obtenidos indican que en la UMAR-Puerto Ángel se utilizan distintas técnicas de riego, desde las más ahorradoras de agua como la de goteo hasta aquellas como el riego con aspersor y directamente con manguera, con las cuales se puede desperdiciar una gran

cantidad de agua. Si bien no se preguntó en la entrevista directa con los jardineros acerca del horario de riego en el campus, se conoce que en muchas ocasiones se realiza en los periodos del día de mayor temperatura (12-16 h), lo que implicaría pérdidas de agua por evaporación y por ende menor aprovechamiento por las plantas.

Al igual que con el personal de intendencia, se requerirían talleres de sensibilización para el cuidado del agua y sobre temas relacionados con su actividad; es necesario mencionar que el personal está dispuesto a participar.

**Tabla 6.** Uso de agua en jardinería

| # Jardinero | # Áreas | Tipo de riego      | Frecuencia de riego | Duración de riego (h) |
|-------------|---------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| Jardinero 1 | 4       | Directo            | Martes y Jueves     | 8                     |
| Jardinero 2 | 2       | Goteo              | N/E                 | 4.5                   |
| Jardinero 3 | 3       | Goteo y Directo    | Lunes y Jueves      | 3                     |
| Jardinero 4 | 2       | Goteo              | Lunes y Jueves      | 5                     |
| Jardinero 5 | 3       | Goteo              | Martes y Jueves     | 7                     |
| Jardinero 6 | 3       | Aspersor y Directo | Diario              | 4                     |
| Jardinero 7 | 3       | Goteo y Directo    | Martes y Viernes    | 8                     |

N/E No especificado

#### 4) *Mantenimiento*

Las actividades realizadas por el personal de mantenimiento son variadas –albañilería, mantenimiento eléctrico, mantenimiento de climas, reparación de tuberías, entre otros- por lo que la cantidad de agua empleada es mínima: si se realizaran todas las actividades en un día, se estarían usando alrededor de 100 L de agua. Sin embargo, al preguntarles a los trabajadores su disposición para participar en talleres de sensibilización todos mostraron su interés.

#### 5) *Usuarios de oficina*

Entre estos se contabilizan al personal (administrativo y profesores) que son usuarios del agua, *cautivos* en un edificio determinado, por ejemplo: Rectoría, Institutos de Recursos, Ecología y Ciencias Sociales y sólo en uso de sanitarios.

La cantidad promedio de consumo de agua de los individuos oscila entre los 30-70 L/día (Bourguetti, 2003). En la Tabla 7 se presenta una estimación de los gastos de agua que pudieran realizar las personas que ocupan una oficina en el campus. Estos datos se verificaron con los registros de los medidores instalados en la entrada de cada área.

**Tabla 7.** Consumo diario de agua estimado en los edificios de oficinas

| Edificio                           | Número de personas | Consumo diario estimado (L) |        |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------|
|                                    |                    | Mínimo                      | Máximo |
| Rectoría                           | 35                 | 1050                        | 2450   |
| Jefatura de carreras               | 10                 | 300                         | 700    |
| Edificio de Recursos               | 15                 | 450                         | 1050   |
| Edif. Ecología + Edif. C. Sociales | 57                 | 1710                        | 3990   |

## IV.2. Inventario del uso del agua

El inventario del uso del agua consiste en registrar los consumos en las diferentes áreas, edificios o predios de la universidad, para lo cual fueron instalados 25 medidores de flujo de agua de desplazamiento positivo (Ver Fig. 5). Como ya se mencionó en secciones previas, la instalación de estos dispositivos se realizó lentamente dado que en ocasiones fue necesario descubrir la red, por lo que, si bien se comenzaban a tomar las lecturas de cada medidor inmediatamente después de su instalación, fue hasta el mes de abril de 2014 cuando se contaron con la totalidad de los medidores instalados. Debido a lo anterior, en este apartado se presenta (a) una estimación preliminar del consumo por la verificación de la cantidad de agua de pozo que ingresó al campus en función de la temporada; dicha estimación se realizó mediante el conteo del número de carros cisterna (pipas), así como (b) el inventario del uso del agua en el periodo del 1 de abril al 20 de agosto de 2014; todo lo anterior se llevó a cabo en el predio principal del campus.

### a. Estimación preliminar de consumo del agua en la UMAR-Puerto Ángel

En esta estimación preliminar se contabilizó el número de pipas de agua que ingresaron a la cisterna general de la UMAR del 16 de abril al 24 de octubre del 2013 y que fueron consumidos en las distintas actividades del campus. El volumen de agua que ingresó se estimó considerando que la cisterna de la pipa tiene una capacidad de 10 m<sup>3</sup>. En la Tabla 8 se presentan los volúmenes promedios diarios de agua que ingresaron al campus, calculados de acuerdo al número de días según el periodo estudiado: periodos universitarios y estacionales.

De forma general y como es de esperarse, se observa que el volumen de agua que ingresó al campus en temporada de secas es casi el doble de la que ingresa en temporada de lluvias. Si bien es cierto que la temporada de lluvias coincide con el final del semestre normal y el curso propedéutico, es decir con periodos escolares en los que la cantidad de alumnos presentes en el campus varía, si se compraran periodos escolares similares (segundo parcial vs inicio de cursos,

por ejemplo o segundo parcial y tercer parcial, Tabla 8) en los cuales las estaciones de lluvias y secas estén definidos, la tendencia se mantiene. Esto sugiere una disminución en el uso del recurso en actividades como el riego de jardines, por ejemplo.

En relación al calendario escolar, se aprecia un ligero incremento (en temporada lluviosa) debido a que en el propedéutico se encuentran menos personas en el campus que en semestre normal.

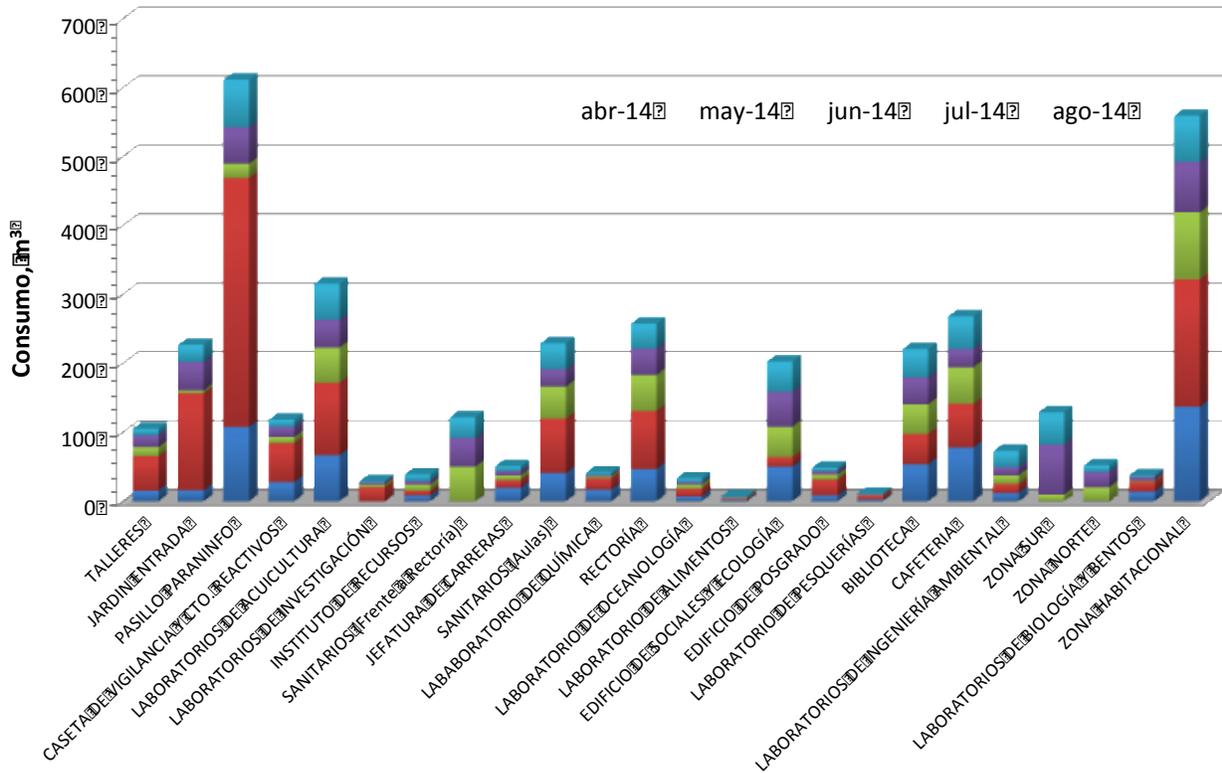
**Tabla 8.** Promedio diario de agua potable que ingresó al campus de acuerdo a distintos periodos tanto del calendario escolar, como de lluvias y secas

| Tipo de promedio                          | 2013- P E R I O D O   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
|   | 16 abr-29 may<br><b>Segundo Examen Parcial</b><br>(m <sup>3</sup> /día) | 30 may-11 jul<br><b>Tercer parcial y Fin de curso</b><br>(m <sup>3</sup> /día) | 29 jul-30 sep<br><b>Curso Propedéutico</b><br>(m <sup>3</sup> /día) | 1 oct-24 oct<br><b>Inicio de Curso</b><br>(m <sup>3</sup> /día) |
| Promedio de acuerdo al calendario escolar | 63  | 36   | 38  | 45  |
| Promedio considerando temporada del año   | <b>Seco</b>   |  | <b>Lluvioso</b>   |   |
|   | 65  |  | 38  |   |

Los resultados anteriores se verificarán en las secciones posteriores, mediante la medición más detallada de cada uno de estos factores.

b. Registro diario de consumo

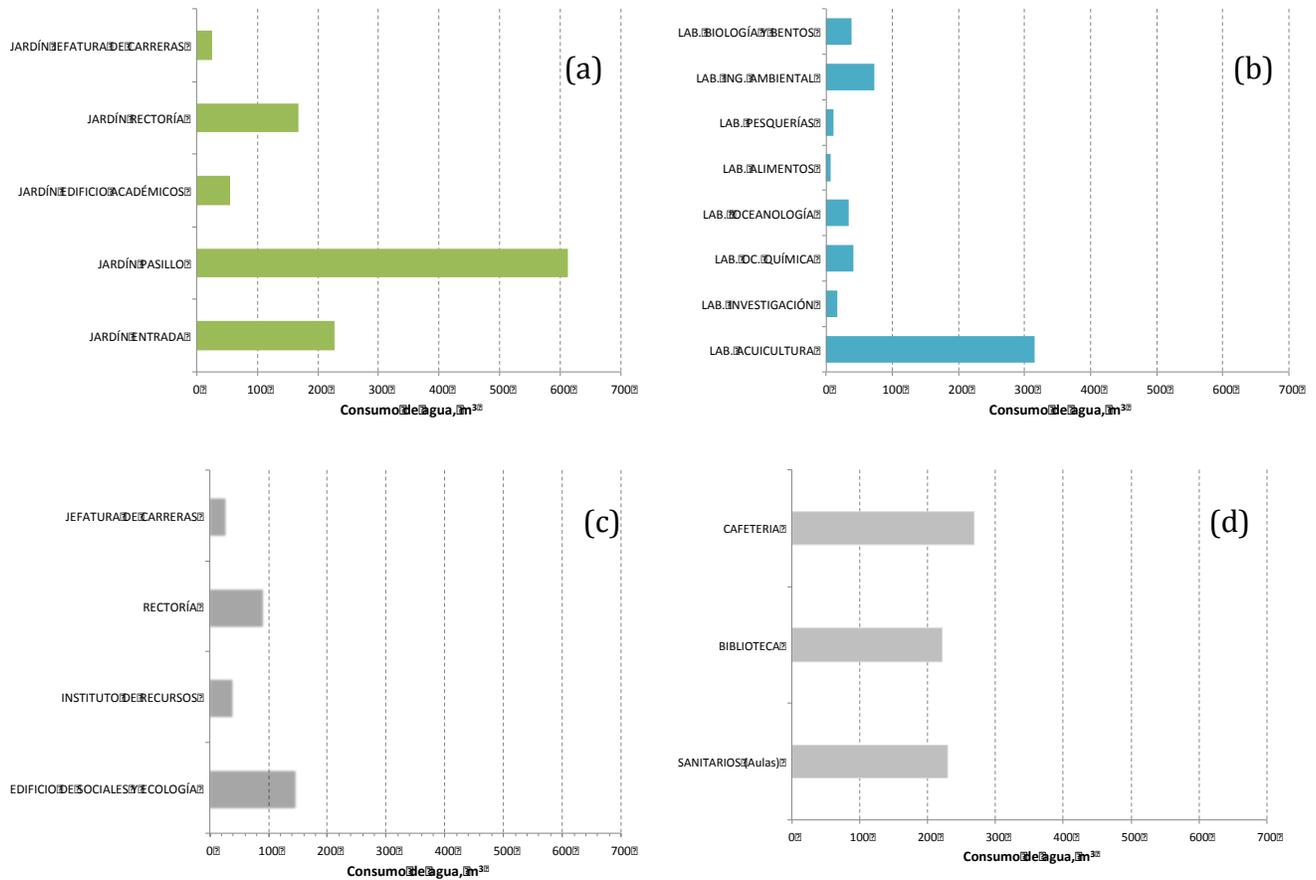
Este registro se realizó recorriendo el campus a partir del medidor ubicado en los Laboratorios de Ingeniería Ambiental, Cafetería y recorriendo el campus por la periferia de izquierda a derecha hasta lograr recorrer la totalidad del campus. El recorrido comenzaba a las diez de la mañana y sólo se contempla el predio principal del campus.



**Fig. 6.** Consumo mensual de agua en los distintos edificios o áreas verdes del campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar (1 abril-22 agosto 2014).

En la Figura 6 se presentan los consumos puntuales registrados en cada uno de los medidores de las distintas áreas. De manera general, se observa que existen dos medidores que registran altos consumos (500-600 m<sup>3</sup>) en casi 5 meses de operación y son los ubicados en la zona habitacional y sobre el pasillo de paraninfo, el cual registra esencialmente, agua de riego para jardines de una amplia área del campus. Posteriormente se encuentran aquellos que registraron entre 200 y 300 m<sup>3</sup>, como el jardín de la entrada, el laboratorio de Acuicultura, los sanitarios de los salones, el edificio de rectoría, los edificios de Ciencias Sociales y Ecología, la biblioteca y la cafetería. Finalmente, el resto de las áreas con un consumo en cinco meses menor a los 100 m<sup>3</sup>. Otra de las observaciones que vale la pena resaltar, es que el mayor consumo mensual se midió en mayo de 2014, debido entre otras, a que fue el mes más caluroso y sin lluvias.

De lo anterior, es notorio que se encuentran áreas con distintas funciones que pueden presentar consumos similares y viceversa, por lo que el análisis de estos se realizarán por tipo de actividad.



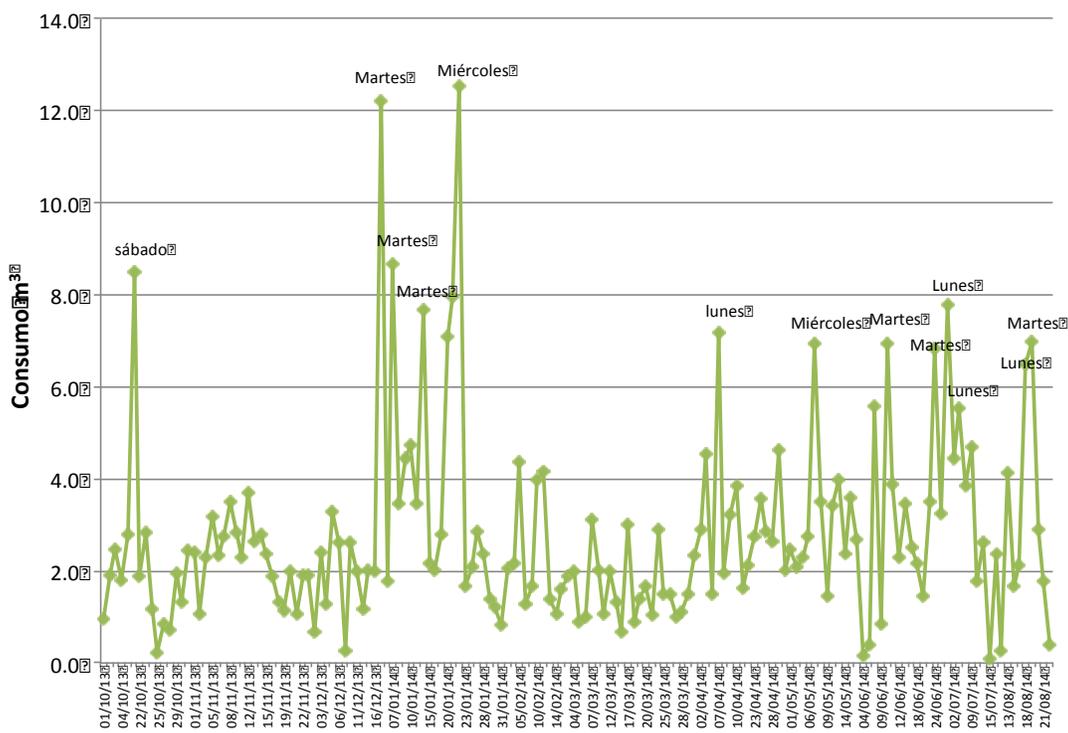
**Fig. 7.** Consumo de agua en áreas con actividades similares (a) Jardines, (b) Laboratorios, (c) Edificios de oficinas, (d) Servicios generales, en el periodo 1 abril-22 agosto 20214.

**Jardines:** Los consumos reportados de los distintos jardines considerados, fueron medidos directamente y en algunos casos mediante estimación, eliminando una de las componentes del valor registrado (Fig. 7a). Por ejemplo, en el caso del jardín del edificio de académicos corresponde a la diferencia del valor registrado por el medidor y el consumo estimado por parte del personal que ahí labora. El jardín del pasillo del paraninfo, es el espacio en donde se consume una mayor cantidad de agua en riego en el campus; en cantidad consumida, le sigue el jardín de la entrada del campus y el jardín del edificio de rectoría. En el jardín ubicado entre la cafetería y los Laboratorios de Ingeniería Ambiental (LIA), el registro del consumo se dificultó, pero no se descarta que debido a su extensión, éste sea un espacio con alto consumo.

**Laboratorios:** Entre todos los laboratorios de la UMAR-Puerto Ángel (Fig. 7b), el de Acuicultura es el que utiliza la mayor cantidad de agua (>300 m³) como se comentó previamente, el objetivo principal de este espacio es el cultivo de especies acuáticas. Posteriormente los Laboratorios de Ingeniería Ambiental (<100 m³) que son laboratorios de docencia, investigación y espacios que producen su propia agua destilada; esta última es la actividad que representa un mayor consumo

de agua en los LIA ya que por cada 20 L de agua destilada, se utilizan alrededor de 280 L de agua corriente, como lo reporta el técnico de esos espacios.

En la Fig. 8 se reporta el consumo por día del Laboratorio de Acuicultura en un año de operación (octubre 2013-agosto 2014), eliminando el primer día posterior a los periodos vacacionales por representar consumos acumulados. Se observan picos de alto consumo con cierta regularidad, sobre todo desde marzo de 2014. De la entrevista con el responsable del área, se reporta la utilización de alrededor de 7.7 m<sup>3</sup> de agua semanales para recambio de los estanques de mantenimiento de organismos acuáticos (peces, crustáceos), lo cual coincide con los consumo de aproximadamente 8 m<sup>3</sup> mostrados en la figura. Los máximos consumos reportados (12 m<sup>3</sup>) se pueden deber al inicio de experimentos. La implementación de una mayor cantidad de sistemas de recirculación, así como del tratamiento y reuso del agua en otras áreas (sistemas de riego planificados, por ejemplo), podría aminorar los efectos de los altos consumos de agua.



**Fig. 8.** Consumo diario de agua en el laboratorio de Acuicultura durante el periodo del 1 octubre 2013 al 22 de agosto de 2014

Dos laboratorios sorprendieron por su bajo consumo, el Laboratorio de Alimentos y el de Investigación. En el primer caso, a pesar de que existe una producción continua de alimentos, el agua que se utiliza es de garrafón (100 L por lote de alimento a base de pescado), y el agua corriente solo se requiere para la limpieza de los espacios. En el caso del laboratorio de investigación, los registros bajos están relacionados a un mal funcionamiento del medidor instalado, por lo que no es posible sacar una conclusión de dicho laboratorio.

Edificios de oficinas: El consumo reportado en estos edificios (Fig. 7c) es el que realizan los usuarios de los sanitarios así como por la limpieza de los mismos, lo cual se generó multiplicando 180 días hábiles en el periodo monitoreado (1 de abril-22 de agosto 2014) por un consumo promedio de 30 (L/día) por persona en los edificios de oficinas de profesores (Edificios de Ciencias Sociales y Ecología, Recursos) y del área administrativa (Edificio de Rectoría). De aquí que los valores observados en el consumo de los edificios en la Fig. 7c se incrementen con el número de personas en el edificio.

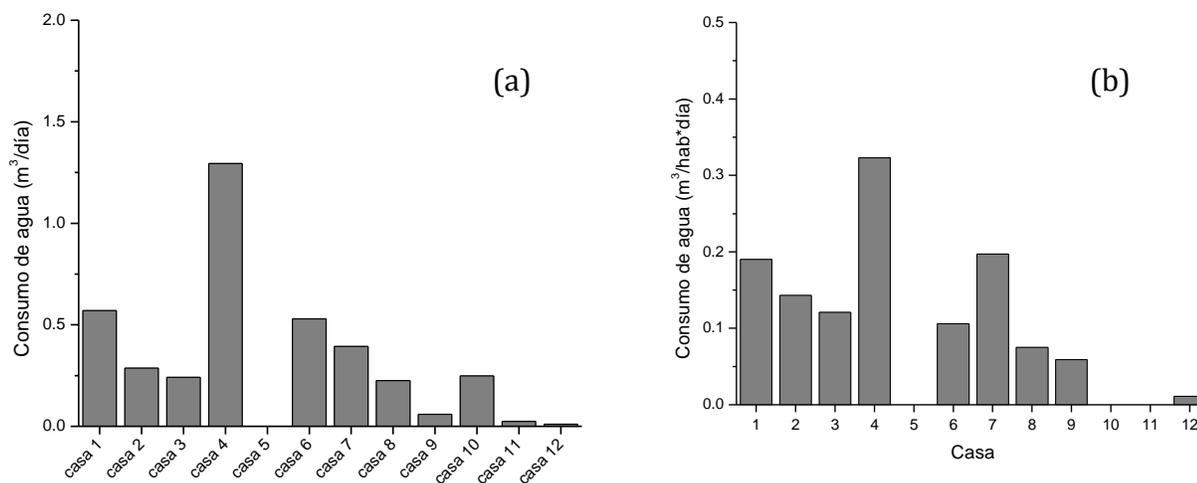
La obtención de consumo promedio mencionado, se realizó a través del registro del consumo de agua cada hora (de 8:00 a 19:00h), de lunes a jueves en la semana del 17 al 21 de agosto de 2013, en la cual no hubo riego de jardines. Los consumos promedios por persona considerando 35 usuarios en Rectoría, 57 en los Edificios de Ciencias Sociales y Humanidades y 15 en el de Recursos, son de 27.9, 30.2 y 30.4 L/día.

Es necesario resaltar en este punto, que este consumo se encuentra en el valor mínimo esperado en consumo de oficinas (30 L/día) reportado por el IMTA en el Manual para el Uso Eficiente y Racional del Agua. Es decir, los usuarios cautivos en los edificios no cometen excesos en el consumo del agua.

Servicios generales: Las áreas comunes que se pueden comparar son cafetería, biblioteca y sanitarios de aulas, las cuales dan servicio a toda la comunidad universitaria aunque las dos últimas atienden principalmente a la comunidad estudiantil (Fig. 5d). Esto último puede explicar el consumo similar de agua de la biblioteca y sanitarios de aulas (230 y 220 m<sup>3</sup>, respectivamente) donde el uso del agua es en promedio 10.5 L/estudiante, considerando el ligero aumento en cafetería es porque éste espacio además da servicio a profesores y trabajadores, aunado a que las características del uso de agua es diferente (lavado de trastes y alimentos, esencialmente).

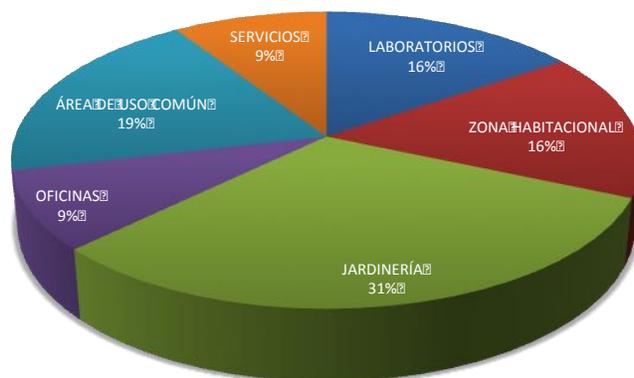
Zona Habitacional: La Universidad del Mar ofrece un área de casas habitación dentro de sus distintos campus; en Puerto Ángel consta de 11 casas y dos departamentos. Las casas pueden ser habitadas por al menos dos personas y los departamentos son individuales. Como ya se vio en secciones previas, la zona habitacional presenta consumos importantes de agua, por lo que se analiza de forma detallada. En el momento del presente estudio, sólo 7 casas y un departamento estaban ocupados con un total de 23 habitantes, que en el periodo estudiado (abril-agosto 2014) consumieron 560 m<sup>3</sup> de agua. La Fig. 9a muestra como contribuye cada casa en este gasto de agua, la mayoría de las casas habitadas presentan un consumo menor o igual a los 0.5 m<sup>3</sup> diarios, con excepción de la casa 4 que consume 1.3 m<sup>3</sup> diarios. Para evaluar las diferencias mostradas, se dividió la cantidad diaria por el número de habitantes, y se observa, con excepción de la casa 4, que el consumo diario por habitante es menor o igual a los 0.2 m<sup>3</sup> (Fig. 9b). El alto consumo de la

casa 4 ( $0.32 \text{ m}^3/\text{hab.día}$ ) representa el 33 % del total consumido por la zona habitacional por lo que sería necesario analizar detenidamente si existe algún problema con la instalación hidráulica o se trata simplemente de un consumo alto de agua por los habitantes de la casa 4.



**Fig. 9.** (a) Consumo diario de las casas-habitación y (b) consumo diario por habitante de las casas en la unidad Habitacional del campus Puerto Ángel en el periodo del 1 abril al 22 de agosto de 2014

Para concluir con este apartado, se presenta en la Fig. 10 la distribución del consumo de agua del campus Puerto Ángel en el predio principal, *sin* considerar el predio donde está ubicada la alberca, así, la jardinería representa el 31% del consumo total de agua del campus, seguido por las áreas de uso común como sanitarios de alumnos, cafetería y biblioteca, con el 19%, el área de laboratorios con 16%, y la zona habitacional con el mismo porcentaje; finalmente los servicios (talleres, mantenimiento, cuarto de reactivos) y las oficinas contribuyen al consumo en 9% cada uno. Las medidas a proponer deberán tomar en cuenta esta información y evaluar, en conjunto con los responsables de cada área, las mejores alternativas para una reducción del consumo, sin afectar las actividades sustantivas de cada área.



**Fig. 10.** Distribución del uso del agua en el campus Puerto Ángel de la UMAR.

## V. Efectuar un Balance del uso del agua

### V.1. Balance de uso del agua

El balance hidráulico consiste en verificar si los suministros de agua de un predio determinado son efectivamente utilizados en las distintas áreas del mismo. El planteamiento es sencillo una vez que se cuenta con toda la información necesaria en un periodo determinado, de manera tal que:

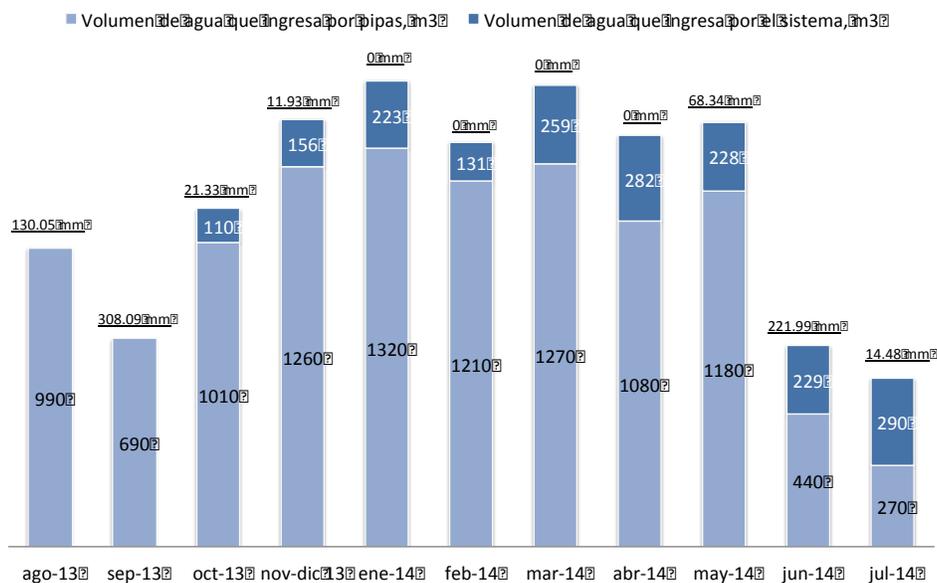
$$\sum_i S_i = \sum_j C_j \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde  $S_i$  se refiere al volumen suministrado por cada una de las fuentes y  $C_j$ , cada uno de los consumos o salidas del agua en los diferentes edificios del campus. Si esta igualdad no se da, es necesario analizar en donde existen las pérdidas en el predio.

En el presente trabajo como salidas, se consideran los registros tomados de cada uno de los medidores en las diferentes áreas, restando, de ser necesario, la contribución de otra área o edificio también registrada en el mismo medidor. El periodo sobre el cual se realizaron los balances fue del 01 abril al 22 de agosto 2014. Previo a la realización del balance, se presenta un análisis de las fuentes de suministro del agua.

#### Suministro de agua en la Universidad del Mar campus Puerto Ángel

Las fuentes de suministro de agua del campus Puerto Ángel son tres: Pozo 1 ubicado en la comunidad de Zipolite, Pozo 2, ubicado en la comunidad de El Colorado y del Sistema de Agua de la comunidad de Puerto Ángel que distribuye el agua del Río Tonameca. El Pozo 1 provee el agua en el predio principal del campus, el Pozo 2, abastece el agua al predio donde se ubica la alberca universitaria. El Sistema de Agua entrega agua en ambos predios en una proporción menor.



**Fig. 11.** Suministro de agua al campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar durante un año (agosto 2013-julio 2014).

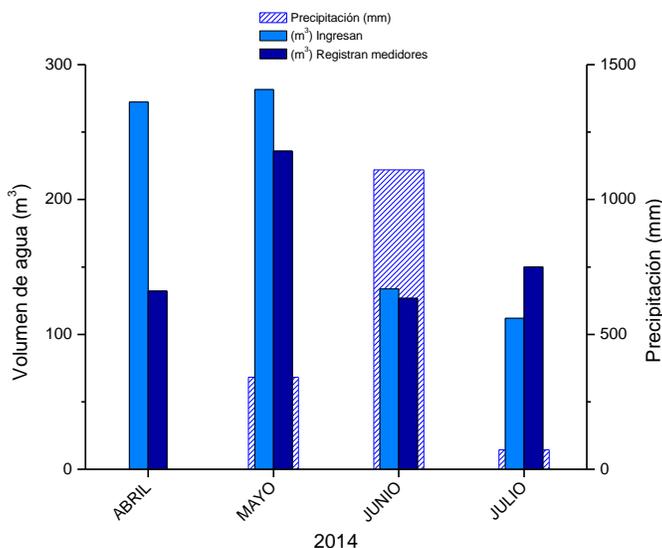
En la Fig. 11 se presenta la variación del suministro de agua en el predio principal del campus durante un año, indicando además los registros acumulados de las lluvias presentadas en el mes. Es notoria la influencia de la presencia de lluvias en el suministro necesario del predio principal del campus, ya que éste disminuye hasta en un 55% con respecto al máximo suministrado en el año. En dichas temporadas, el riego en jardines se ve disminuido o incluso cancelado en el campus, por lo que la necesidad de ingreso del agua debe disminuir. Esto confirma la información presentada en el estudio preliminar realizado.

Balance del uso del agua

El balance resultante de los ingresos de agua al predio principal del campus y los consumos en los meses de abril-julio de 2014, se representan en la Fig. 12. La Ec. 1 solo se cumple en el mes de junio; en los meses de abril y mayo, los consumos son menores hasta en un 50% (abril) respecto al suministro registrado. Esta diferencia no es necesariamente debido a pérdidas en el predio, ya que es posible que algún área de jardín no haya sido considerada lo cual incrementaría la diferencia en periodos de seca total, como lo muestra la Fig. 12. Sería conveniente que se instalaran más medidores debido a que no se tiene bien definida la edad de la tubería de abastecimiento interna (tiempo de vida útil: 20-40 años en función del material empleado).

En el caso del mes de julio la diferencia es negativa, es decir, se consumió más de lo que ingresó, lo cual puede ser debido a que hubieron dos semanas de vacaciones y seguramente se utilizaron volúmenes acumulados en los distintos depósitos.

Si bien las explicaciones anteriores son plausibles, habrá necesidad de verificar cada una de ellas y así evaluar a cabalidad el balance. Para corroborar la información anterior, se tiene programado continuar con el registro de las lecturas de los medidores durante los meses de septiembre y octubre.



**Fig. 12.** Balance del uso del agua en el campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar.

a) Análisis del agua que ingresa al campus

Para la determinación de la calidad del agua que ingresa al campus y que es distribuida hacia las distintas áreas del mismo, se realizaron 4 muestreos en cuatro puntos: las principales fuentes de suministro de agua del campus, Pozos 1 (Zipolite), Pozo 2 (El Colorado) y en los puntos de almacenamiento del campus como la cisterna general y el tanque elevado. Los muestreos se realizaron en los meses de septiembre y diciembre de 2013, así como en enero y marzo del 2014.

Se midieron in-situ los parámetros fisicoquímicos (pH, oxígeno disuelto, salinidad y temperatura) con un equipo multiparámetros (HANNA HI 9828). Los análisis de dureza del agua, alcalinidad, sulfatos, cloruros, coliformes totales y fecales de las muestras analizadas por duplicado, se realizaron de acuerdo a la normatividad mexicana (Tabla 9 y 10). Para la determinación de cromo VI (Hanna HI96749), amonio (Hanna HI96700), ácido cianúrico (Hanna HI 96104) y nitritos (Colorímetro Hach, DR-890) se utilizaron kits de análisis empleando Chekers Hanna. Todos los análisis se llevaron a cabo por duplicado en los laboratorios de Ingeniería Ambiental. En el caso de los análisis microbiológicos, los cuales se realizaron en las primeras 12 h desde el muestreo, se utilizó el método rápido propuesto Colilert (IDEXX) para el conteo de coliformes totales y fecales.

A continuación se presentan los resultados de dichas determinaciones.

i) Parámetros fisicoquímicos

En general, la variación de los parámetros fisicoquímicos como el pH, la temperatura, la conductividad, el oxígeno disuelto (OD), la salinidad, la alcalinidad y la dureza, varían en menos del 10% en el pozo 1, la cisterna y el tanque elevado en los diferentes muestreos, sólo en el pozo 2 (El Colorado) existe una variación un poco mayor en la alcalinidad y dureza, sin embargo, éste último parámetro se mantiene por debajo de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-1994. Los bajos valores reportados para el OD en los dos pozos son normales considerando que se trata de agua subterránea.

**Tabla 9.** Parámetros fisicoquímicos del agua que ingresa al campus Puerto Ángel. Cuatro muestreos (septiembre 2013, diciembre 2013, enero 2014, marzo 2014).

| Parámetro                              | Método de prueba según la norma | Pozo 1          | Pozo 2         | Cisterna        | Tanque elevado  |
|--|---------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| pH                                     | NMX-AA-008-SCFI-2000            | 6.73 ± 0.29     | 6.91 ± 0.29    | 7.37 ± 0.25     | 7.5 ± 0.4       |
| Temperatura (°C)                       | NMX-AA-007-SCFI-2000            | 28.81 ± 0.14    | 29.02 ± 1.12   | 28.72 ± 0.29    | 29.02 ± 0.38    |
| Conductividad (mS/cm)                  | NMX-AA-093-SCFI-2000            | 1403.25 ± 28.19 | 814 ± 145.47   | 1325.25 ± 130.5 | 1318.5 ± 103.94 |
| OD (mg/L)                              | NMX-AA-012-SCFI-2001            | 1.84 ± 1.16     | 2.58 ± 0.95    | 3.14 ± 1.12     | 3.14 ± 1.15     |
| Salinidad                              |                                 | 0.69 ± 0.02     | 0.4 ± 0.07     | 0.66 ± 0.07     | 0.66 ± 0.06     |
| Alcalinidad (mg CaCO <sub>3</sub> /mL) | NMX-AA-036-SCFI-2001            | 285.07 ± 9.48   | 283.17 ± 51.78 | 272.16 ± 21.95  | 270.07 ± 17.92  |
| Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /mL)      | NMX-AA-072-SCFI-2001            | 358.55 ± 20.24  | 375.3 ± 83.2   | 338.84 ± 39.54  | 339.03 ± 33.54  |

En el caso de los parámetros químicos, las concentraciones de sulfato, cloruros y amonio se encuentran por debajo de los límites establecidos por la misma la norma NOM-127-SSA1-1994 (agua para consumo humano). Otros parámetros como el Cr (VI) que si bien se encuentran en bajas concentraciones, su presencia es detectable.

Los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles en todos los puntos monitoreados son los nitritos, y el ácido cianúrico en el pozo 2 y cisterna. La elevada concentración de nitritos (< 1 mg/L) puede ser explicada debido a que la formación de este componente se favorece en ambientes poco oxigenados, como en el caso de agua subterránea (pozos), sin embargo, en la Guía para la calidad de agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), se establece que la concentración de nitritos se pudiera permitir hasta los 3 mg/L sin afectar la salud de infantes.

**Tabla 10.** Parámetros químicos determinados en el agua que ingresa al campus Puerto Ángel. Dos muestreos (enero 2014, marzo 2014)

| Parámetro            | Método de prueba según la norma   | Pozo 1       | Pozo 2       | Cisterna      | Tanque elevado |
|----------------------|---|--------------|--------------|---------------|----------------|
| Sulfatos (mg/L)      | NMX-AA-074-1981   | 1.22 ± 0.44  | 5.75 ± 0.52  | 1.38 ± 0.009  | 1.46 ± 0.08    |
| Cloruros (mg/L)      | NMX-AA-073-SCFI-2001  | 0.17 ± 0.12  | 0.02 ± 0.025 | 0.14 ± 0.12   | 0.14 ± 0.11    |
| Cr VI (mg/L)         | Adaptación del método colorimétrico D1687-92 (Método de difenilcarbazida) Manual ASTM | 0.015 ± 0.02 | 0.01 ± 0.014 | 0.015 ± 0.021 | 0.005 ± 0.007  |
| Amonio (mg/L)        | Adaptación del método colorimétrico D1426-92 (Método Nessler) Manual ASTM             | 0.03 ± 0.04  | 0.04 ± 0.05  | 0.045 ± 0.063 | 0.03 ± 0.04    |
| Ac. Cianúrico (mg/L) | Adaptación del método turbidimétrico  | 0            | 4.75 ± 3.89  | 0.25 ± 0.35   | 0              |
| Nitritos (mg/L)      | Método del sulfato ferroso  | 3            | 2            | 3             | 3              |

Asimismo, se determinó la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los últimos dos muestreos del agua. Los resultados muestran altos valores de DQO en el mes de enero, sobre todo en los puntos de almacenamiento de agua en el campus. Para el segundo muestreo, en el mes de marzo, la disminución de los valores de la DQO se pudiera deber a una limpieza del tanque elevado y la cisterna. Sin embargo, esto no explica las bajas concentraciones de los pozos, por lo que se sugiere continuar con el monitoreo de la calidad de agua del campus.

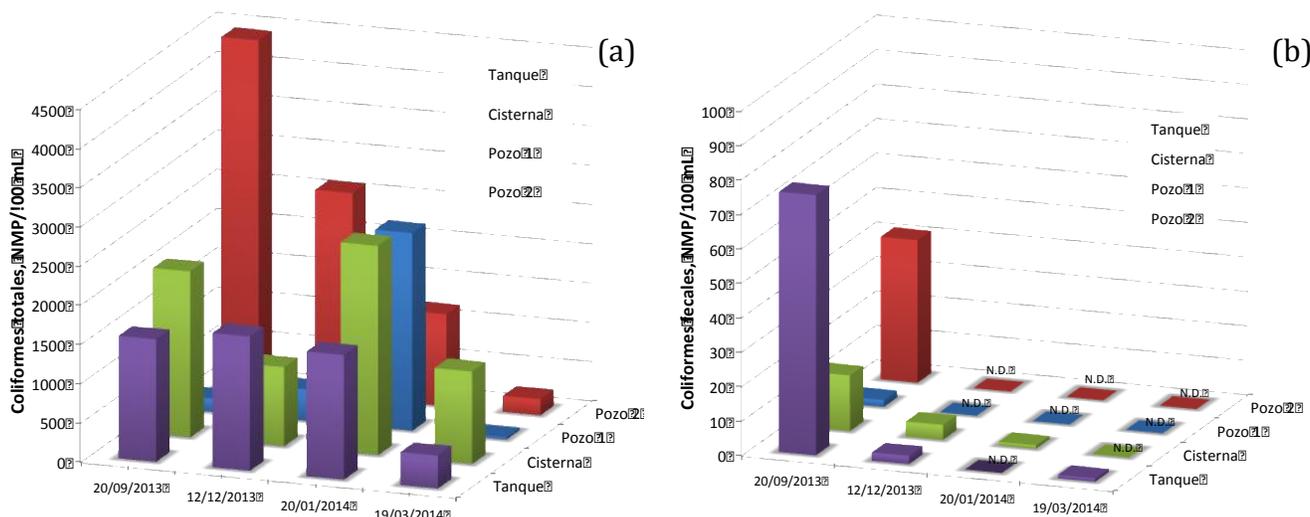
**Tabla 11.** Concentración de la DQO en el agua que ingresa al campus Puerto Ángel.

| Muestreo | DQO, mg/L |        |          |                |
|----------|-----------|--------|----------|----------------|
|          | Pozo 1    | Pozo 2 | Cisterna | Tanque elevado |
| 20/01/14 | 62.00     | 22.00  | 170.00   | 275.50         |
| 18/03/14 | 0.00      | 0.00   | 0.00     | 0.00           |

ii) Parámetros microbiológicos

La calidad del agua en aspectos microbiológicos se realizó mediante la determinación de la concentración de coliformes (totales y fecales) en los cuatro puntos de muestreo. La Fig. 13 muestra los resultados de esta campaña de muestreo.

La norma NOM-127-SSA1-1994 establece que los coliformes totales y fecales deben estar ausentes o ser no detectables en 100 mL de muestra. En la Fig. 13 (a) es evidente que en el caso de los coliformes totales se incumple la norma en todos de los puntos muestreados.



**Fig. 13.** Determinación de parámetros microbiológicos en los pozos que surten agua al campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar, así como en los puntos de almacenamiento. (a) Coliformes totales, (b) Coliformes fecales.

Analizando de forma más detallada la Fig. 13, con respecto a los puntos de muestreo, se puede observar que el Pozo 2, ubicado en El Colorado, incumple en todos los muestreos la norma citada, ya que en todos los casos existe presencia de coliformes totales (CT). En particular, en el muestreo de septiembre de 2013, correspondiente a la temporada de lluvias, se observa igualmente una alta concentración de coliformes fecales (CF), por lo que los valores presentados de estos organismos indicadores en el pozo 2, pudiera explicarse por infiltraciones desde las fosas sépticas, comunes en la región. El descenso de las concentraciones de coliformes totales y fecales en el Pozo 2 en los muestreos posteriores, pudiera confirmar la explicación sugerida previamente, dado que las últimas lluvias se presentaron en el mes de noviembre en la región.

En el Pozo 1 (Zipolite), sólo en el muestreo del mes de enero, se presentan altos valores de coliformes totales. En esta misma fecha la concentración de CT en la cisterna aumenta, lo cual es normal debido a que la mayor parte del agua utilizada en el campus proviene de dicho pozo.

Finalmente, refiriéndose a la presencia de organismos indicadores de contaminación microbiológica en los puntos de almacenamiento dentro del campus, se observa que el caso de la cisterna es un reflejo de lo que ocurre en los pozos de donde proviene el agua, así, las variaciones observadas en la cisterna corresponden a la de los pozos. Para el tanque elevado, se observan comportamientos casi constantes para CT en los tres primeros muestreos y un descenso en el último. Este último muestreo se realizó un mes después de la limpieza del tanque elevado, por lo que, la concentración de CT disminuye de forma importante.

## DISEÑO DE PROGRAMA DE USO RESPONSABLE DEL AGUA DE LA UMAR- PUERTO ÁNGEL

A partir de los resultados obtenidos se ha propuesto una serie de medidas encausadas a mejorar el uso del agua y reducir su consumo en la UMAR campus Puerto Ángel. Estas medidas se resumen en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Medidas preliminares para la reducción del consumo de agua en el campus Puerto Ángel de la UMAR.

| Competencia         | Meta  | Medidas   |
|---------------------|---|---|
| Servicios generales | Regulación del uso y la calidad del agua                | Elaboración de registros de uso y mejora de la calidad del agua en todos los espacios: predio principal y alberca.  |
|                     | Identificación de problemas en la red hidráulica        | Monitoreo periódico de los registros de los medidores.  |
|                     | Mejora en la infraestructura de la red hidráulica       | Identificación de la tubería de la red de abastecimiento interna.<br>Instalación de medidores nuevos en aquellas zonas que se consideren críticas.<br>Cambio de lugar de algunos medidores<br>Diseño y construcción de un sistema de captación de agua de lluvia para su uso en sanitarios y riego de áreas verdes. |
|                     | Seguimiento de la calidad del agua                      | Construcción de un tanque elevado con dos compartimentos: (i) potabilizar el agua hacia la zona habitacional, cafetería, enfermería y (ii) resto de los laboratorios.<br>Lavado de cisternas periódicamente.<br>Monitoreo de la calidad del agua abastecida en la red interna.                                      |
|                     | Limpieza de los edificios                               | Talleres de sensibilización a intendentes.  |
| Zona habitacional   | Casas habitación  | Implementar en el reglamento de usuarios de la casa habitación/ Implementación de tarifas diferenciadas.  |
| Jardines            | Riego en jardines                                       | Cambio de tipo de plantas.<br>Cambio en el horario de riego.<br>Talleres de sensibilización a jardineros.<br>Uso de agua tratada: PTAR Ambiental y Acuicultura.<br>Instalación de un sistema de riego para áreas verdes.  |
| Laboratorios        | Optimización la operación en Laboratorio de Acuicultura | Implementación de sistemas de tratamiento y recirculación de agua.  |
|                     | Optimización en la producción de agua destilada         | Aprovechamiento del agua de enfriamiento para riego.  |

## CONCLUSIONES

---

La Universidad del Mar, es una institución socialmente responsable tanto en la formación de recursos humanos de alta calidad, en términos de su compromiso hacia el medio ambiente como se hace patente en las distintas disciplinas que en ella se estudian. En un interés de ampliar este compromiso, actualmente se desarrollan diagnósticos en varios ámbitos sobre la operación de la institución con el fin de mejorarlo. Este trabajo corresponde al avance del proyecto para la elaboración de una propuesta de Programa para el Uso Eficiente y Racional del Agua del campus Puerto Ángel.

Los resultados obtenidos hasta el momento ayudan a concluir lo siguiente:

- En general, los usuarios de los servicios que presta la universidad, hacen un consumo responsable del agua como lo muestra la evaluación de consumo por uso y limpieza de los sanitarios tanto en los edificios de profesores y edificios administrativos, como en la de los estudiantes (sanitarios aula); en el primer caso, el consumo de los usuarios de oficina está en el límite inferior de lo esperado (30 L/día) y para los estudiantes el consumo se encuentra muy por debajo del límite (10.5 L/día).
- Existe buena disposición de la comunidad universitaria para mejorar la forma de usar el agua en sus actividades particulares: laboratorios, intendencia, mantenimiento, jardinería, etc., como se percibió de las entrevistas realizadas.
- En el diagnóstico se identificaron las áreas susceptibles de mejora en términos de reducción en el consumo de agua:
  - Laboratorio de Acuicultura
  - Riego de jardines
  - Zona habitacional.
- Sin embargo, en términos generales, se recomienda ampliamente lo siguiente:
  - Redoblar los esfuerzos realizados hasta el momento en la identificación de la red hidráulica. Debido a que el campus se estableció en un predio previamente construido, es necesario continuar actualizando los planos de dicha infraestructura, con el fin de proponer un programa de mantenimiento preventivo, así como mejorar la distribución de los medidores de agua.
  - La mejora en la infraestructura mediante la construcción de un nuevo tanque elevado dado que el deterioro del actual es evidente. Esto se podría aprovechar para diseñar dicha obra con dos tanques que permitan la distribución del agua de distinta calidad.
  - El seguimiento continuo de la calidad del agua en los distintos puntos de la red de distribución, así como un su limpieza periódica, con el fin de otorgar siempre agua de mejor calidad a la comunidad universitaria.

- Llevar un registro de todas las actividades relativas al uso del agua en el campus con el fin de formalizar en un futuro el programa. Con especial énfasis en el predio de la alberca universitaria, donde se hacen esfuerzos tanto en el ahorro del agua como en el mantenimiento de la calidad de este líquido para sus usuarios

### **Perspectivas a corto plazo (3 meses)**

1. Reinstalación de medidores en dos nodos: sanitarios frente a rectoría (rectoría, recursos, investigación y acuicultura) y bifurcación de la zona sur (ambiental, cafetería y zona habitacional).
2. Levantamiento topográfico mediante GPS e integración a la actualización del plano de la red hidráulica.
3. Seguimiento por dos meses de consumo en operación normal.
4. Análisis de agua con la determinación de sulfuros.
5. Diseño y escritura del Programa de Usos Eficiente y Racional del Agua.

Bourguetti Ortiz, V. J. (2003). Manual para el uso eficiente y racional del agua. ¡Utiliza sólo la necesaria! IMTA, México. ISBN 968-5536-10-4

Comisión Nacional del Agua (2013). Estadísticas del Agua en México. Disponible en: [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx), descargado el 30 de agosto de 2014.

Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: Recomendaciones. 3ª Edición. Vol. 1. ISBN 92 4 154696 4. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/)

Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano - límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

Consejo nacional de la Población (2014). Proyecciones de la Población 2010-20150. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>, consultado en el 30 de septiembre de 2014.

Seara Vázquez, M. (2010). Un nuevo modelo de Universidad, Universidades para el Desarrollo. UTM, 2ª Edición, Huajuapán de León, Oaxaca, México. ISBN: 978-607-95222-1-6

## ANEXO A: INFORMACIÓN

A1. Antigüedad de los edificios del campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar y ubicación en el croquis.

| EDIFICIO   | No Edificio en el Plano | Antigüedad de Edificio     |
|--|-------------------------|----------------------------|
| ALMACÉN DE RESIDUOS                                      | 55                      |                            |
| ALMACÉN DE REACTIVOS                                     | 2                       | 2006                       |
| LABORATORIO DE ACUACULTURA                               | 3                       | ANTES DE 1992              |
| INSTITUTO DE RECURSOS                                    | 4                       | 2001                       |
| LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN                             | 5                       | ANTES DE 1992              |
| JEFATURA DE CARRERAS                                     | 6                       | ANTES DE 1992              |
| LABORATORIO DE OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA/BAÑOS/SALONES      | 7                       | ANTES DE 1992              |
| RECTORÍA   | 54                      | 2006                       |
| PARANINFO/SALA DE SEMINARIOS/AUTOACCESO                  | 19-20                   | ANTES DE 1992              |
| LABORATORIO DE CÓMPUTO/IDIOMAS                           | 21                      | ANTES DE 1992              |
| AULAS Y MTO ELÉCTRICO                                    | 22                      | ANTES DE 1992              |
| AULAS/LABORATORIO DE OCEANOGRAFIA FÍSICA                 | 18                      | 2002                       |
| LABORATORIO DE OCEANOGRAFIA QUÍMICA                      | 17                      |                            |
| LABORATORIO SIG/MANTENIMIENTO                            | 49                      | 2001                       |
| SERVICIOS ESCOLARES/ENFERMERIA                           | 23                      | ANTES DE 1992              |
| GIMNASIO   | 16                      | ANTES DE 1992              |
| LABORATORIO DE OCEANOGRAFIA GEOLOGICA Y CALCULOS MASIVOS | 9                       | 2013 (AMPLIACION)          |
| LABORATORIO DE ALIMENTOS                                 | 11                      | ANTES DE 1992              |
| SUBESTACIÓN PRINCIPAL                                    | 8                       |                            |
| ALMACÉN CENTRAL  | 10                      |                            |
| CUARTO DE LAVADO   | 10                      |                            |
| INSTITUTO DE SOCIALES Y HUMANIDADES                      | 12                      | 2000                       |
| INSTITUTO DE INDUSTRIAS/ECOLOGIA                         | 13                      | 1999                       |
| LABORATORIO DE PESQUERÍA/SALONES/PROEIM                  | 15                      | 2003                       |
| LABORATORIO DE INVERTEBRADOS                             | 51                      | 2005                       |
| SALAS DE CÓMPUTO   | 56                      | 2010                       |
| POSGRADO   | 46                      | 2003                       |
| BIBLIOTECA/AUDITORIO                                     | 14                      | 2001                       |
| LABORATORIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL                     | 40-41                   | 2001                       |
| SUBESTACIÓN SECUNDARIA                                   | 42                      |                            |
| CAFETERÍA  | 24                      | 1999                       |
| CISTERNA GENERAL   | A                       |                            |
| TANQUE ELEVADO   | B                       | ANTES DE 1992              |
| CISTERNA AGUA SALADA                                     | C                       |                            |
| CISTERNA ACUACULTURA                                     | D                       |                            |
| ZONA HABITACIONAL (SÓLO SUITE EN 2002)                   | 25-36                   | ANTES DE 1992              |
| CASA RECTOR  | 1                       | 1997                       |
| ZONA TALLERES  | 37, 38, 48              | 2003                       |
| ALBERCA  | 39                      | 2003                       |
| CASETA DE VIGILANCIA-ENTRADA PRINCIPAL                   | 47                      | 1998                       |
| LABORATORIO DE ECOLOGÍA DEL DESARROLLO                   | 57                      | 2013                       |
| ANEXO LABORATORIOS DE INGENIERIA AMBIENTAL               | 58                      | EN CONSTRUCCIÓN DESDE 2013 |

A2. Depósitos de almacenamiento existentes en los predios que comprenden el campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar.

| <b>Depósito de almacenamiento</b>       | <b>Cantidad</b> | <b>Volumen, m<sup>3</sup></b> | <b>Observaciones</b>  |
|---|-----------------|-------------------------------|---|
| Cisterna general                        | 1               | 70                            | Recibe el agua necesaria para la operación del predio principal del campus  |
| Tanque elevado                          | 1               | 9                             | Distribuye el agua hacia las distintas áreas del predio principal del campus  |
| Tanques Rotoplast                       | 4               | 1 y 0.450                     |   |
| Cisterna para bombeo                    | 1               |                               |   |
| Alberca                                 | 1               | 780                           |   |
| Tinaco                                  | 1               | 10                            |   |
| Cisterna (alberca)                      | 1               | 8                             |   |
| Cisterna Acuicultura Agua dulce         | 1               | 23                            |   |
| Cisterna Acuicultura Agua salada        | 1               | 47                            |   |
| Tanques rectangulares con fondo cónico  | 40              | 0.0812                        | <p>Volumen máximo del sistema 77 m<sup>3</sup>; operan al 50 %.</p> <p>Se utilizan en trabajos de docencia o tesis de licenciatura y para mantener las especies de interés durante todo el año.</p> <p>Información proporcionada por el responsable del área.</p> |
| Peceras rectangulares                   | 9               | 0.009                         |   |
|   | 15              | 0.04375                       |   |
| Columnas de acrílico                    | 3               | 0.1                           |   |
| Tanques cilindro cónicos                | 15              | 0.4533                        |   |
| Pecera rectangular de cristal           | 15              | 0.112                         |   |
| Pecera rectangular de fibra de vidrio   | 10              | 0.225                         |   |
| Estanque circular de concreto           | 3               | 1.95                          |   |
| Estanque rectangular de fibra de vidrio | 2               | 1.75                          |   |
| Estanques ovalados                      | 12              | 2.88                          |   |
| Estanque rectangular                    | 6               | 1.8                           |   |
| Estanque rectangular                    | 2               | 1.76                          |   |
| Estanques ovalados                      | 6               | 0.75                          |   |

## ANEXO B. MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL PROGRAMA

---

### B1. Instalación de Medidores de agua en el Campus Puerto ángel de la Universidad del Mar



## B2. TANQUES DE ALMACENAMIENTO



## ANEXO C: FORMATOS

### UNIVERSIDAD DEL MAR, CAMPUS PUERTO ÁNGEL PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA

#### REGISTRO DE INFORMACIÓN DEL PREDIO

!

**Datos Básicos**

|                     |
|---------------------|
| Fecha: Día/Mes/Año: |
|---------------------|

|   |  |
|---|--|
| Área:   |  |
| Tipo de predio: Edificio/Laboratorio/Aula/Casa habitación/Administrativo/ Otro:   |  |
| Ubicación del edificio/Aula/Laboratorio/Otro, dentro del predio (referenciar entre que edificios se encuentra):   |  |
| Nombre y cargo del responsable del Edificio/Laboratorio/Aula/Otro:  | No. Telefónico y Extensión/ Fax/Correo-e:        |
| Antigüedad del predio (años ó meses):   |  |
| Características arquitectónicas:  |  |
| Uso principal del predio:   |  |
| Casa habitación _____, Administrativo _____, Aulas _____, Biblioteca _____  |  |
| Gimnasio _____, Alberca _____, Cubículos _____, Laboratorio _____,  |  |
| Jardines _____, Talleres _____, Almacén _____, Otros _____  |  |
| Longitud (m) y material de la instalación hidráulica de distribución de agua:   |  |
| Cobre _____, Hierro galvanizado _____, Polietileno _____, PVC _____, Acero _____,   |  |
| Otro (s) _____.   |  |
| Cantidad de válvulas de paso en la instalación hidráulica:  |  |
| Cantidad de depósitos de almacenamiento, por tipo en el edificio ó predio:  |  |
| Cisterna de concreto _____, Cisterna de mampostería _____, Tinaco de asbesto _____, Tinaco de polietileno _____,  |  |
| Tinaco de metal _____, Pileta o tanque de mampostería _____, Alberca _____, Otro _____.   |  |
| Cantidad o descripción de muebles, dispositivos y accesorios para consumo de agua en el edificio:   |  |
| Tarja _____ Tipo de Grifo _____, Lavadero _____, Llave Lavadero _____ Tipo de tubería _____,  |  |
| Regaderas _____, Inodoros _____, Mingitorios _____, Lavabos _____ Llaves de lavabos _____, Llaves   |  |
| p/ manguera de jardín _____, Llaves Casa H. _____, Otros _____.   |  |
| Cantidad de motobombas para agua potable:   | Tipo(s) de motobombas (marca, modelo, potencia): |
| Cantidad de sistemas hidrodinámicos:  | Tipo(s) de sistemas hidrodinámicos:              |
| Número individuos que utilizan el agua:   |  |
| Docencia _____, Estudiantes _____, Personal Administrativo _____, Personal de mantenimiento _____   |  |
| Personal de seguridad _____, Personal de intendencia _____, Otros _____.  |  |
| Cantidad promedio de usuarios permanentes:  | Cantidad promedio de visitantes:                 |
| Periodos vacacionales en el año (indicar fecha de inicio y culminación):  |  |
| Días no laborales en el año, (especificar fechas):  |  |
| Fechas de mantenimiento a las instalaciones de agua potable:  |  |
| Fechas de mantenimiento a equipos que emplean agua potable:   |  |
| Comentarios sobre ocurrencia de problemas de operación relacionados con el agua potable (V.gr: ubicación de fugas, taponamientos, zonas de baja presión, zonas de alta presión, humedad): |  |

**UNIVERSIDAD DEL MAR, CAMPUS PUERTO ÁNGEL  
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA**

**LECTURAS DE LOS MEDIDORES DE AGUA**

|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|--|--------------|---------------|------------------|---|----------------|---------------------|----------------|
| Nombre de la institución y <i>Campus</i> :   |              |               |                  |   |                | Fecha: Día/Mes/Año: |                |
| Tipo de predio: Edificio/Laboratorio/Aula/Casa habitación/Administrativo/Otro:                                 |              |               |                  |   |                |                     |                |
| Domicilio donde se encuentra el predio en estudio:   |              |               |                  |   |                |                     |                |
| Ubicación del edificio/Aula/Laboratorio/Otro dentro del predio (referenciar entre que edificios se encuentra): |              |               |                  |   |                |                     |                |
| Nombre y cargo del responsable del Edificio/Laboratorio/Aula/Otro:   |              |               |                  | No. Telefónico y Extensión /Fax/Correo electrónico: |                |                     |                |
| <b>Lecturas del medidor</b>  |              |               |                  |   |                |                     |                |
| Nombre del responsable de tomar las lecturas:  |              |               |                  | Ubicación y número de serie del medidor:            |                |                     |                |
|  | <b>Lunes</b> | <b>Martes</b> | <b>Miércoles</b> | <b>Jueves</b>                                       | <b>Viernes</b> | <b>Sábado</b>       | <b>Domingo</b> |
| Especificar: fecha (Día/mes/año), hora de lectura y volumen observado (m <sup>3</sup> )                        |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |
|  |              |               |                  |   |                |                     |                |

**UNIVERSIDAD DEL MAR, CAMPUS PUERTO ÁNGEL  
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA**

**CUESTIONARIO 1: JARDINEROS**

**Datos básicos:**

|  |
|--|
| Ubicación del área de riego, dentro del predio (referenciar entre que edificios se encuentra): |
| Nombre :   |
| Fecha:   |

**Cuestionario**

1. ¿Cuántas áreas de riego tiene a su cargo?
  
2. ¿En que horario se hace el riego? ¿Cuánto tiempo tarda en regar cada área?
  
3. ¿El flujo de agua es constante?
  
4. ¿De dónde proviene el agua que utiliza para riego? (Potable, PTAR, otro)
  
5. ¿Participaría en algún programa para cuidar el agua?

**UNIVERSIDAD DEL MAR, CAMPUS PUERTO ÁNGEL  
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA**

!

**CUESTIONARIO 2: TÉCNICOS DE LABORATORIOS**

**Datos básicos:**

|                     |
|---------------------|
| Fecha: Día/Mes/Año: |
|---------------------|

|  |                      |                           |                       |
|--|----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Nombre del laboratorio:  |                      |                           |                       |
| Ubicación del laboratorio (referenciar entre que edificios se encuentra):                          |                      |                           |                       |
| Nombre del técnico:  |                      |                           |                       |
| Número de tarjas:  | Número de Regaderas: | Número de llaves de agua: | Número de sanitarios: |
| _____  | _____                | _____                     | _____                 |
| Información sobre agua destilada:  |                      |                           |                       |
| Destilan agua: _____, Volumen producido: _____, Frecuencia de producción: _____,                   |                      |                           |                       |
| Volumen utilizado (internamente) _____, ¿De dónde se suministra?: _____, Frecuencia de uso: _____, |                      |                           |                       |

**Cuestionario**

1. ¿Cuántas personas asisten en promedio al día a este laboratorio?
  
2. ¿Cada cuanto tiempo se lava material?
  
3. En que otras actividades del laboratorio utiliza agua potable?
  
4. ¿Qué volumen de agua usa para estas actividades?
  
5. ¿Participaría en algún programa para cuidar el agua?

**UNIVERSIDAD DEL MAR, CAMPUS PUERTO ÁNGEL  
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA**

**CUESTIONARIO 3: USUARIOS**

**Datos básicos:**

|   |
|---|
| Área de trabajo: Edificio/Laboratorio/Aula/Administrativo/ Otro:  |
| Ubicación del edificio/Aula/Laboratorio/Otro, dentro del predio (referenciar entre que edificios se encuentra): |
| Nombre y estatus (Alumno, profesor, administrativo, otro):  |
| Fecha:  |

**Cuestionario**

1. ¿En que utiliza el agua potable de la Universidad?
  
2. ¿Cuántas veces se lava usted las manos al día?
  
3. ¿Cuántas veces hace uso del sanitario?
  
4. En su caso, ¿Cuántas veces por semana utiliza el agua en su área de trabajo?
  
5. ¿Recibe recomendaciones oficiales acerca del cuidado del agua?
  
6. ¿Sabe usted como es suministrada el agua en la universidad?
  
7. ¿Participaría en un programa para cuidar el agua?

**UNIVERSIDAD DEL MAR, CAMPUS PUERTO ÁNGEL  
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA**

**CUESTIONARIO 4: PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

**Datos básicos:**

|   |
|---|
| Nombre de la institución y <i>Campus</i> :  |
| Área de trabajo: Edificio/Laboratorio/Aula/Administrativo/ Otro:  |
| Ubicación del edificio/Aula/Laboratorio/Otro, dentro del predio (referenciar entre que edificios se encuentra): |
| Nombre y cargo del trabajador de mantenimiento:   |
| Fecha:  |

**Cuestionario**

1. ¿Ocupa agua para sus labores de trabajo? Si ( ), NO ( )
  
2. En su caso, ¿en qué actividades la utiliza?
  
3. ¿Cuántos litros de agua gasta por lavado?
  
4. ¿Reciben instrucciones para el manejo adecuado del agua?
  
5. ¿Participaría a usted participar en el cuidado del agua?

! **UNIVERSIDAD DEL MAR, CAMPUS PUERTO ÁNGEL**  
**PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA** !

**CUESTIONARIO 5: PERSONAL DE INTENDENCIA**

**Datos básicos:**

|   |
|---|
| Nombre de la institución y <i>Campus</i> :  |
| Área de trabajo: Edificio/Laboratorio/Aula/Administrativo/ Otro:  |
| Ubicación del edificio/Aula/Laboratorio/Otro, dentro del predio (referenciar entre que edificios se encuentra): |
| Nombre y cargo del trabajador de intendencia:   |
| Fecha:  |

**Cuestionario**

1. ¿Ocupa agua para sus labores de trabajo?
2. ¿Qué áreas para limpieza tiene asignadas?
3. ¿Cuántas cubetas utiliza para limpiar su área de trabajo? ¿De qué volumen es la cubeta con la que trabaja?
4. ¿Cada cuanto tiempo le cambian el rol de trabajo?
5. ¿Ha recibido alguna plática sobre la importancia de cuidar el agua?
6. ¿Participaría usted participar en el cuidado del agua?