

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA
SUBCOORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA
HIDROLOGÍA ISOTÓPICA**

**“INSTALACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA
RED NACIONAL DE MONITOREO DE LA
COMPOSICIÓN ISOTÓPICA ESTABLE DE LA
PRECIPITACIÓN PLUVIAL PARA EL ESTUDIO DEL
FUNCIONAMIENTO DE ACUÍFEROS Y EL
COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL CICLO
HIDROLÓGICO (SEGUNDA PARTE)”**

Proyecto TH-1711.1

INFORME

2017

CONTENIDO

RESUMEN	1
1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- ANTECEDENTES	2
3.- OBJETIVO	3
4.- INSTALACIÓN DE UNIDAD COMPACTA DE ENRIQUECIMIENTO DE TRITIO AMBIENTAL (TEU)	3
4.1.- Componentes y piezas que conforman la TEU	4
Descripción de las piezas y partes componentes que conforman la TEU	4
Figuras de las piezas y partes componentes que conforman la TEU	7
4.2.- Metodología para realizar el armado, la instalación y las pruebas de operación a la TEU	20
4.3.- Instalación de unidad compacta de enriquecimiento de tritio ambiental (TEU)	22
4.4.- Proceso de armado de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio ambiental (TEU) en el laboratorio de Hidrología subterránea del IMTA	24
4.5.- Relación de partes e instrumentos de control de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio TEU	34
4.6.- Prueba de tres celdas electrolíticas y entrega de los volúmenes enriquecidos, para evaluación del factor de enriquecimiento electrolítico	37
Proceso de electrolisis	37
Proceso de neutralización de alcalinidad	40
Proceso de destilación final	40
4.7.- Resultado de la evaluación del factor de enriquecimiento de tres celdas electrolíticas de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio TEU	43
4.8.- Planos de los diversos componentes que forman parte de la TEU	47
5.- INSTALACIÓN EN SITIO DE 13 COLECTORES DE AGUA PLUVIAL	60
5.1.- Colector de agua de lluvia	60
5.2.- Requerimientos	61
Prevención de la evaporación	62

Representatividad de la muestra.	62
Aspectos de logística y seguridad.	62
5.3.- Instalación	62
Selección del sitio.	63
5.4.- Manual de operación	100
Recolección mensual de muestras.	100
Mantenimiento y limpieza del equipo colector.	106
Verificación de conexiones y mangueras.	107
5.4.- Kit para la toma de muestras y su correspondiente envío	108
5.5.- Hoja de campo del colector de lluvia.	110
5.6.- Base de datos de los isótopos de la precipitación pluvial	111
6.- RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE LLUVIA	116
6.1.- Metodología aplicada	116
6.2.- Indicaciones de los procedimientos realizados durante los recorridos de campo.	117
6.3.- Fechas de recolección.	119
6.4.- Coordenadas de sitios donde se encuentran instalados los equipos pluviométricos y/o colectores de agua pluvial.	120
6.5.- Ilustraciones de los equipos en sitio	126
6.6.- Desarrollo de actividades.	131
Recolección de muestras de lluvia acumulada en sitios dentro del acuífero Cuernavaca (envasado y recolección):	131
Medición del volumen colectado acumulado:	133
Descarga de datos y programación de instrucciones de registro de mediciones de equipos pluviométricos:	134
Llenado de bitácora de campo y documentación fotográfica:	135
Calibración de equipos pluviométricos:	140
Mantenimiento e inspección a los equipos pluviométricos y colectores:	142
Entrega al laboratorio isotópico del IMTA de muestras de lluvia acumulada:	143
6.7.- Ilustraciones de la toma de muestras.	148

6.8.- Datos de lluvia registrados en el datalogger	152
Muestreo 1	152
Muestreo 2	156
Muestreo 3	160
Muestreo 4	164
Muestreo 5	168
10.- CONCLUSIONES	172
11.- BIBLIOGRAFÍA	174



FIGURAS

Figura 1 Rack, compacto que alberga las partes integrantes del equipo	7
Figura 2 Celdas electrolíticas, cada una con capacidad de almacenar máximo 250 mililitros de muestra de agua.....	8
Figura 3 Baño grande de agua refrigerante de aproximadamente 80 Litros	8
Figura 4 Controlador térmico utilizado en los procesos de electrólisis, neutralización de alcalinidad y destilación final/post.....	9
Figura 5 Ámpulas de alimentación continua con capacidad de 2 litros, con válvula variable según la necesidad de tener un bajo o alto Factor de enriquecimiento.	9
Figura 6 Baño pequeño de agua refrigerante de 5 Litros utilizada para condensar muestras de agua enriquecida durante la destilación final / posterior.....	10
Figura 7 Burbujeadores, cada uno va conectado a una celda electrolítica a través de tubos de silicón para permitir el escape de los gases generados durante el proceso de electrólisis.....	10
Figura 8 Sistema de refrigeración criogénica, se utiliza con una bomba para hacer circular el refrigerante a través del baño de enfriamiento.....	11
Figura 9 Fuente de alimentación CD, utilizada para subministrar la corriente a las celdas electrolíticas.	11
Figura 10 Contador Ah (Ampere-hora) digital, se utiliza para registrar la corriente durante la electrólisis y preestablecer un valor deseado para finalmente detener la electrólisis automáticamente.	12
Figura 11 Voltímetros digitales tipo LED, se utilizan para registrar y monitorear la caída de voltaje a través de cada celda electrolítica.	12
Figura 12 Líneas de CO ₂ , utilizadas para neutralizar la alcalinidad directamente a través del proceso de burbujeo de CO ₂	13
Figura 13 Cilindro de CO ₂ , 200 Litros de capacidad a 50 bar de presión, utilizada en el proceso de neutralización de alcalinidad.....	13
Figura 14 Válvulas de aguja, utilizadas para conectar una a cada línea de CO ₂ y a la celda para controlar el flujo de CO ₂	14
Figura 15 Tubos de teflón, utilizados para conectar las celdas a los tubos de vidrio correspondientes durante la destilación final.	14
Figura 16 Tubos de vidrio, recogen la muestra de agua enriquecida condensada de cada celda durante la destilación final.....	15
Figura 17 Bomba de vacío, utilizada para crear un vacío en las celdas y tubos durante el proceso de destilación final.....	15
Figura 18 Líneas de vacío, usadas en el proceso de destilación final.....	16
Figura 19 Calibradores de vacío, se fijan a cada celda para medir el nivel de vacío durante el proceso de destilación final	16

Figura 20 Sensor de temperatura, utilizado para medir la temperatura de los baños de refrigerante grande y pequeño durante diferentes procesos, por medio de un controlador de temperatura digital.....	17
Figura 21 Conjunto de conectores de cable, utilizados en el proceso de electrólisis para conectar las celdas con la fuente de alimentación de CD.....	17
Figura 22 Unidad estándar de pre-destilación, integrada por un generador de refrigeración y conjuntos de unidades de destilación (calentadores, frascos, juntas de vidrio, etc.).....	18
Figura 23 Tapones de goma de diferentes tamaños, utilizados en los baños de refrigerante grandes y pequeños, celdas y tubos para reducir la pérdida de refrigerante y de la muestra, respectivamente.	18
Figura 24 Válvula doble de Latón, utilizada para cambiar entre los modos de calefacción y refrigeración de los baños de refrigerante.	19
Figura 25 Controlador de temperatura, utilizado para indicar la temperatura del baño del refrigerante.....	19
Figura 26 Diagrama de instalación del soporte estructural o rack de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio fabricada por el OIEA.	20
Figura 27 Celda de enriquecimiento electrolítico de la TEU.....	21
Figura 28 Cajas que contienen la TEU	24
Figura 29 Caja contenedora del soporte estructural RACK.....	25
Figura 30 Piezas de aluminio que conforman el rack estructural.....	25
Figura 31 Piezas de desplazamiento y unión para el soporte estructural RACK.....	26
Figura 32 Estructura lateral del RACK	26
Figura 33 Personal de la empresa ensamblando la cara central del soporte estructural RACK.....	27
Figura 34 Estructura central y lateral del rack.....	27
Figura 35 Soporte estructural armado, preparado para ensamblar los dispositivos de desplazamiento	28
Figura 36 Rack estructural ensamblado.....	28
Figura 37 Colocación de los burbujeadores.....	29
Figura 38 Integración de los baños de refrigerante grande y pequeño	29
Figura 39 Integración de línea de neutralización.....	30
Figura 40 Integración de instrumentos de control (fuente de poder, contador de Ampere/hora, controlador de temperatura, indicadores de voltaje de cada celda)	30
Figura 41 Vista posterior de los instrumentos de control y sus conexiones	31
Figura 42 TEU armada.....	31
Figura 43 Prueba de instrumentos de control e indicadores electrónicos de la TEU....	32
Figura 44 Prueba de instrumentos de control de temperatura y circulación del líquido refrigerante	33

Figura 45 Celda preparada con electrolito introducida en el baño de agua grande de la TEU.....	38
Figura 46 Colocación de cables a cada una de las celdas electrolíticas.....	39
Figura 47 Colocación de las ámpulas de vidrio con capacidad de 2 litros, con 250 ml de la muestra de agua.	39
Figura 48 Proceso de neutralización de alcalinidad	40
Figura 49 Colocación de tubos destilación final conectados al baño de agua pequeño	41
Figura 50 Proceso de destilación final.....	42
Figura 51 Colector totalizador de la precipitación pluvial, Mod. RS2 PALMEX.....	61
Figura 52 Ubicación de un colector minimizando la influencia de estructuras cercanas	64
Figura 53 Localización de colectores totalizadores de agua de lluvia instalados. ...	65
Figura 54 Provincia Fisiográfica Península de Baja California.....	66
Figura 55 Loreto.....	66
Figura 56 Colector de lluvia en el Observatorio de Loreto.	67
Figura 57 Colector de lluvia en el Observatorio de Loreto.	67
Figura 58 Provincia Fisiográfica Llanura Sonorense.....	68
Figura 59 Mexicali.	68
Figura 60 Colector de lluvia en el OCPBC, Mexicali.....	69
Figura 61 Colector de lluvia en el OCPBC, Mexicali.....	69
Figura 62 Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental.....	70
Figura 63 Durango.....	70
Figura 64 Colector de lluvia en el Observatorio de Durango.....	71
Figura 65 Colector de lluvia en el Observatorio de Durango.....	71
Figura 66 Provincia Fisiográfica Sierras y Llanuras del Norte.....	72
Figura 67 Chihuahua.....	72
Figura 68 Colector de lluvia en el Observatorio de Chihuahua.....	73
Figura 69 Colector de lluvia en el Observatorio de Chihuahua.....	73
Figura 70 Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Pacífico.	74
Figura 71 Culiacán.....	74
Figura 72 Colector de lluvia en el Observatorio de Culiacán.....	75
Figura 73 Colector de lluvia en el Observatorio de Culiacán.....	75
Figura 74 Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Gofio Norte.	76
Figura 75 Monterrey.....	76
Figura 76 Colector de lluvia en el Observatorio de Monterrey.....	77
Figura 77 Colector de lluvia en el Observatorio de Monterrey.....	77
Figura 78 Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico.	78

Figura 79	Querétaro.....	78
Figura 80	Colector de lluvia en el Observatorio de Querétaro.....	79
Figura 81	Colector de lluvia en el Observatorio de Querétaro.....	79
Figura 82	CDMX, Tacubaya.....	80
Figura 83	Colector de lluvia en el Observatorio de la CDMX, Tacubaya.....	81
Figura 84	Colector de lluvia en el Observatorio de la CDMX, Tacubaya.....	81
Figura 85	Provincia Fisiográfica Península de Yucatán.....	82
Figura 86	Mérida.....	82
Figura 87	Colector de lluvia en el Observatorio de Mérida.....	83
Figura 88	Colector de lluvia en el Observatorio de Mérida.....	83
Figura 89	Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur.....	84
Figura 90	Chilpancingo.....	84
Figura 91	Colector de lluvia en el Observatorio de Chilpancingo.....	85
Figura 92	Colector de lluvia en el Observatorio de Chilpancingo.....	85
Figura 93	Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur.....	86
Figura 94	Veracruz.....	86
Figura 95	Colector de lluvia en el Observatorio de Veracruz.....	87
Figura 96	Colector de lluvia en el Observatorio de Veracruz.....	87
Figura 97	Villahermosa.....	88
Figura 98	Colector de lluvia en el Observatorio de Villahermosa.....	89
Figura 99	Colector de lluvia en el Observatorio de Villahermosa.....	89
Figura 100	Provincia Fisiográfica Sierras de Chiapas y Guatemala.....	90
Figura 101	Tuxtla Gutiérrez.....	90
Figura 102	Colector de lluvia en el Observatorio de Tuxtla Gutiérrez.....	91
Figura 103	Colector de lluvia en el Observatorio de Tuxtla Gutiérrez.....	91
Figura 104	Precipitación Media Anual de las Provincias de la Precipitación Pluvial (Page 1929)	93
Figura 105	Precipitación Media Anual. Provincia Mediterránea. (Page 1929).....	93
Figura 106	Precipitación Media Anual. Provincia Desértica. (Page 1929).....	94
Figura 107	Precipitación Media Anual. Provincia Pacífico Norte. (Page 1929).....	94
Figura 108	Precipitación Media Anual. Provincia Meseta Norte. (Page 1929).....	95
Figura 109	Precipitación Media Anual. Provincia Bajo Río Grande. (Page 1929).....	95
Figura 110	Precipitación Media Anual. Provincia Pacífico Centro. (Page 1929).....	96
Figura 111	Precipitación Media Anual. Provincia Meseta Centro. (Page 1929).....	96
Figura 112	Precipitación Media Anual. Provincia Golfo Centro. (Page 1929).....	97
Figura 113	Precipitación Media Anual. Provincia Pacífico Sur. (Page 1929).....	97
Figura 114	Precipitación Media Anual. Provincia Meseta Sur. (Page 1929).....	98

Figura 115	Precipitación Media Anual. Provincia Golfo Sur. (Page 1929)	98
Figura 116	Precipitación Media Anual. Provincia Golfo de Tehuantepec. (Page 1929)	99
Figura 117	Precipitación Media Anual. Provincia Península de Yucatán. (Page 1929)	99
Figura 118	Preparación para la toma de muestra.....	100
Figura 119	Cantidad de lluvia de manera volumétrica.....	101
Figura 120	Enjuague de botellas de polietileno de alta densidad con muestra obtenida.	102
Figura 121	Llenado de botellas con muestra de agua de lluvia.....	103
Figura 122	Botellas cerradas herméticamente con muestra de agua de lluvia.....	103
Figura 123	Botellas de 60 mililitros de polietileno de alta densidad.....	104
Figura 124	Botellas de 500 mililitros de polietileno de alta densidad.	104
Figura 125	Etiquetado de las botellas con el nombre del sitio y la fecha de recolección.	105
Figura 126	Cajas de cartón armadas para él envío de las muestras.	106
Figura 127	Botella de 500 mL y probetas de 1,000 y 250 mL.....	108
Figura 128	Botellas de 60 mL y caja de cartón para el envío de muestras.....	109
Figura 129	Resultados d^2H y $d^{18}O$ de la red experimental nacional de monitoreo de la composición isotópica estable de la precipitación pluvial	114
Figura 130	Histograma de d^2H de la red experimental nacional de monitoreo de la composición isotópica estable de la precipitación pluvial	115
Figura 131	Histograma de $d^{18}O$ de la red experimental nacional de monitoreo de la composición isotópica estable de la precipitación pluvial.....	115
Figura 132	Tres marías, Huitzilac, Morelos	121
Figura 133	Tres Cumbres (montaña), Huitzilac, Morelos.....	121
Figura 134	Huitzilac, Morelos	122
Figura 135	Observatorio CONAGUA, Cuernavaca Morelos dos equipos instalados	122
Figura 136	Alpuyeca, Morelos	123
Figura 137	Temixco, Morelos	123
Figura 138	Tezoyuca, Emiliano Zapata, Morelos	124
Figura 139	Tetlama Temixco, Morelos.....	124
Figura 140	IMTA Jiutepec, Morelos.....	125
Figura 141	Colector instalado en tres marías, Huitzilac, Morelos.....	126
Figura 142	Pluviómetro instalado en tres cumbres, Huitzilac, Morelos.....	127
Figura 143	Colector instalado en Huitzilac, Morelos.....	127

Figura 144	Colector y pluviómetro instalados en el observatorio meteorológico de la CONAGUA, Cuernavaca, Morelos	128
Figura 145	Colector instalado en Alpuyeca, Morelos.....	128
Figura 146	Colector instalado en Temixco, Morelos.....	129
Figura 147	Colector instalado en FIRA Tezoyuca, Morelos	129
Figura 148	Pluviómetro instalado en Tetlama, Morelos.....	130
Figura 149	Pluviómetro instalado en el IMTA, Jiutepec, Morelos.....	130
Figura 150	Localización de sitios para la recolección de muestras de agua de lluvia en la zona del acuífero Cuernavaca.....	131
Figura 151	Vertido de muestra a probeta de 1000 mL.....	132
Figura 152	Vertido de muestra a botella de polietileno para análisis de tritio ambiental	132
Figura 153	Vertido de muestra a botella de polietileno para análisis de isótopos estables	133
Figura 154	Probeta de 1000 mL utilizada en la medición de la muestra recolectada	133
Figura 155	Software SpectWare 9 utilizado para bajar las lecturas	134
Figura 156	Gráfico de lecturas realizadas en Software SpectWare 9.....	135
Figura 157	Hoja de campo correspondiente a recolección del 03-04 de noviembre de 2017	136
Figura 158	Hoja de campo correspondiente a recolección del 03-04 de noviembre de 2017	137
Figura 159	Hoja de campo correspondiente a recolección del 01 de diciembre de 2017	138
Figura 160	Hoja de campo correspondiente a recolección del 15 de diciembre de 2017	139
Figura 161	Hoja de campo correspondiente a recolección del 29 de diciembre de 2017	140
Figura 162	Calibración de balancines de pluviómetros.....	141
Figura 163	Pipeta graduada utilizada para la calibración de balancines.....	141
Figura 164	Se limpió parte externa e interna de colectores.....	142
Figura 165	Se limpió parte donde se guarda el cilindro colector de pluviómetros	143
Figura 166	Muestras entregadas a Laboratorio de Hidrología Isotópica el 06 de noviembre de 2017	144
Figura 167	Muestras entregadas a Laboratorio de Hidrología Isotópica el 20 de noviembre de 2017	145
Figura 168	Muestras entregadas a Laboratorio de Hidrología Isotópica el 18 de diciembre de 2017	146

Figura 169	Muestras recibidas en el Laboratorio de Hidrología Isotópica el 06 de noviembre de 2017	147
Figura 170	Muestras recibidas en el Laboratorio de Hidrología Isotópica el 20 de noviembre de 2017	147
Figura 171	Muestras recibidas en el Laboratorio de Hidrología Isotópica el 18 de diciembre de 2017	148
Figura 172	Muestras colectadas en FIRA, Tezoyuca.....	148
Figura 173	Muestras colectadas en Tres Marías	149
Figura 174	Muestras colectadas en Alpuyeca.....	149
Figura 175	Muestras colectadas en Observatorio CONAGUA.....	150
Figura 176	Muestras colectadas en Huitzilac	150
Figura 177	Muestras colectadas en Temixco.....	151



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

TABLAS

Tabla 1	Relación de partes e instrumentos de control de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio TEU.....	34
Tabla 2	Factor de enriquecimiento medido en el contador de centelleo líquido.....	43
Tabla 3	Datos de los colectores de la precipitación pluvial.	65
Tabla 4	Identificación de colectores de lluvia instalados en la Red Nacional de Isótopos de la Precipitación (RENIP).	92
Tabla 5	Base de datos de los dispositivos pluviométricos de la precipitación pluvial.	
Hoja 1	111	
Tabla 6	Base de datos de los dispositivos pluviométricos de la precipitación pluvial.	
Hoja 2	112	
Tabla 7	Base de datos de los dispositivos pluviométricos de la precipitación pluvial.	
Hoja 3	113	
Tabla 8	Base de datos de los dispositivos pluviométricos de la precipitación pluvial.	
Hoja 4	114	

RESUMEN

En el laboratorio de hidrología isotópica quedó instalada y en operación la unidad de enriquecimiento de tritio (TEU), la cual fue desarrollada en la Sección de Hidrología Isotópica del Organismo Internacional de Energía Atómica. Con esta unidad se pueden enriquecer hasta 2 L de agua, logrando con esto un análisis de tritio más preciso en las aplicaciones hidrogeológicas.

Se instalaron 13 colectores de la precipitación pluvial, los cuales abarcaron las Provincias Fisiográficas de México. La instalación se llevó a cabo en 12 Observatorios Meteorológicos de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CGSMN-CONAGUA) y 1 en el Organismo de Cuenca de la Península de Baja California (OCPBC).

Durante la instalación de los colectores se capacitó al personal encargado de cada uno de los observatorios y del organismo de cuenca, para la obtención apropiada de las muestras de lluvia, así como, su preparación de las muestras para el envío al laboratorio de hidrología isotópica de la Institución.

Cabe mencionar que la participación cooperativa del personal por parte de CGSMN-CONAGUA y OCPBC es digna de reconocimiento. De esta manera, los 13 colectores de lluvia quedaron puestos en operación como parte de “La Red Nacional de Monitoreo de la Composición Isotópica Estable de la Precipitación pluvial para el estudio del funcionamiento de acuíferos y el comportamiento del agua en el ciclo hidrológico”.

Se realizó una campaña de 5 muestreos en el acuífero de Cuernavaca para la obtención de agua de lluvia de los dispositivos pluviométricos ampliamente distribuidos en todo el acuífero. El muestreo fue llevado a cabo de acuerdo al protocolo establecido por la Institución.

Con la información de campo y laboratorio de los dispositivos pluviométricos de la red experimental nacional de la isotopía estable y de tritio ambiental de la precipitación pluvial en operación del acuífero Cuernavaca, se obtuvieron resultados de alta confiabilidad para la elaboración de la base de datos de la isotopía de la lluvia.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

1.- INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la composición isotópica de la precipitación pluvial, que es la fuente de recarga de los sistemas hidrológicos, permitirá fortalecer la evaluación nacional de los recursos hídricos, así como su administración y aprovechamiento sustentables del agua en cuencas y acuíferos.

Los resultados de las series de datos isotópicos generados, fortalecerán estudios de exploración y aprovechamiento de acuíferos profundos, como nuevas fuentes de abastecimiento de agua.

El conocimiento obtenido de la aplicación y uso de datos isotópicos de referencia propios de cada región hidrológica, contribuirá a la administración y gestión eficiente de los recursos hídricos subterráneos.

Las series de datos permitirán la simulación del comportamiento hidrogeológico mediante la modelación del funcionamiento de acuíferos, cuencas y componentes del ciclo hidrológico.

2.- ANTECEDENTES

La hidrología isotópica permite obtener información probada del comportamiento y naturaleza de los sistemas hidrológicos, así como de los eventos del ciclo hidrológico.

Para utilizar la información isotópica de manera óptima se requiere de la generación de datos de la composición isotópica periódica de la lluvia, que es la fuente de alimentación de los recursos hídricos. Para ello, se requiere de una red de monitoreo de la composición isotópica ambiental, que considere las condiciones climatológicas, fisiográficas, precipitación pluvial, etc., de las diferentes regiones del país.

Para la medición analítica de isótopos estables de H y O y tritio ambiental, el IMTA cuenta con el laboratorio de hidrología isotópica, cuya calidad de mediciones está reconocida por el Organismo Internacional de Energía Atómica. México contribuyó en la red global de monitoreo isotópico de la precipitación pluvial GNIP (por sus siglas en inglés), operada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con dos estaciones de colecta de muestras de agua, una en Veracruz, Ver., y otra en Chihuahua, Chih., de 1962 a 1988.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

El IMTA desarrolló el Proyecto TH1608.1 “Requerimientos para la implementación de una red de monitoreo de la isotopía estable de la precipitación pluvial”, para definir las condiciones del medio físico, la ubicación de sitios para coleccionar muestras de lluvia, los equipos pluviométricos adecuados para la captación de muestras acumuladas inalteradas de lluvia, la metodología e infraestructura instrumental de análisis del contenido isotópico de muestras de lluvia, etc., en el marco de las diferentes provincias fisiográficas y de precipitación pluvial en las que se divide el territorio nacional, con el fin de tener los elementos básicos para diseñar y poner en operación una red nacional de monitoreo de la composición isotópica de la lluvia.

3.- OBJETIVO

Generar herramientas isotópicas para determinar las variables que gobiernan el funcionamiento de los acuíferos y el comportamiento del agua en el ciclo hidrológico, bajo las condiciones climatológicas, orográficas y ambientales propias del territorio nacional.

4.- INSTALACIÓN DE UNIDAD COMPACTA DE ENRIQUECIMIENTO DE TRITIO AMBIENTAL (TEU)

El tritio ambiental es un indicador eficiente del tiempo de residencia de las aguas modernas infiltradas en los últimos 30 años y un trazador ideal del movimiento de las aguas subterráneas. Las concentraciones de tritio en la precipitación han disminuido exponencialmente en las últimas décadas, ya que el pico del tritio antropogénico casi ha desaparecido. Hoy en día, las concentraciones ambientales de tritio son cercanas a los niveles naturales de producción cósmica. Por lo tanto, los niveles ultra bajos actuales plantean un problema para la medición de concentraciones de tritio de bajo nivel en muestras naturales de agua utilizando unidades de enriquecimiento de tritio del pasado, que en su mayoría se construyeron para el enriquecimiento de 250-500 mL de muestras de agua.

La Sección de Hidrología Isotópica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha desarrollado una nueva unidad de enriquecimiento de tritio que puede enriquecer hasta 2 L de agua para concentrar los niveles actuales de tritio, lo que lleva a un análisis de tritio más preciso para aplicaciones hidrológicas.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

La TEU consta de varios componentes que permiten el enriquecimiento de tritio ambiental en muestras de agua natural, bajo condiciones controladas de los diferentes procesos de operación. Las partes integrantes de la unidad son: equipo de destilación, equipo de post-destilación criogénica a vacío, equipo de neutralización con CO₂, ámpulas de alimentación continua de muestras de agua, celdas electrolíticas, unidad de corriente directa, instrumentos de control de temperatura y de Amper-hora, mecanismo especial de llenado de agua, equipo de neutralización de alcalinidad, equipos de vacío, etc. Los cuales se montarán en un gabinete metálico fabricado expofeso con sus compartimientos para colocar cada parte que conforma la TEU.

Esta unidad de enriquecimiento de tritio ambiental forma parte del instrumental de laboratorio que permitirá conocer la composición isotópica de la precipitación pluvial de la red nacional de monitoreo.

4.1.- Componentes y piezas que conforman la TEU

Descripción de las piezas y partes componentes que conforman la TEU.

- Rack, compacto alberga los equipos instrumentales y otros elementos necesarios para llevar a cabo la electrólisis de muestras de agua, la neutralización de la alcalinidad y la destilación final / post.
- Celdas electrolíticas, cada una con capacidad de almacenar máximo 250 mililitros de muestra de agua, El ánodo está hecho de acero inoxidable y el cátodo de acero dulce.
- Baño grande de agua grande, con refrigerante, de capacidad aproximada de 80 Litros.
- Controlador térmico utilizado en los procesos de electrólisis, neutralización de alcalinidad y destilación final/post, capaz de calentar hasta 90 °.
- Ámpulas de alimentación continúa con capacidad de 2 litros, con válvula variable (para utilizar la botella en modo abierto y cerrado) según la necesidad de tener un bajo o alto Factor de enriquecimiento de tritio / deuterio.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

-Baño pequeño de agua refrigerante de 5 Litros utilizada para para acomodar tubos de vidrio para condensar muestras de agua enriquecida a -20°C durante la destilación final / posterior.

- Burbujeadores, cada uno va conectado a una celda electrolítica a través de tubos de silicón para permitir el escape de los gases generados durante el proceso de electrólisis, la salida final de los burbujeadores está conectada al sistema de escape de gases fuera del laboratorio. Estos burbujeadores tampoco permiten la condensación de la humedad atmosférica dentro de la celda, ya que el aceite de silicio usado en los burbujeadores aísla la celda de la atmósfera activa.

- Sistema de refrigeración, básicamente un chiller capaz de enfriar el refrigerante hasta -30°C se utiliza con una bomba para hacer circular el refrigerante a través del baño de enfriamiento. El sistema de calefacción y refrigeración puede mantener la temperatura deseada en los baños de agua

- Sistema de refrigeración criogénica, se utiliza con una bomba para hacer circular el refrigerante a través del baño de enfriamiento.

-Fuente de alimentación (100 V, 15 A), para pasar la corriente deseada (3 a 10 A) a las celdas a una caída de tensión deseada a través de cada celda (siempre mantenida a menos de 3 V, utilizada para suministrar la corriente a las celdas electrolíticas.

-Contador Ah (Ampere-hora) digital, se utiliza para registrar la corriente durante la electrólisis y preestablecer un valor deseado para finalmente detener la electrólisis automáticamente

-voltímetros digitales tipo LED, se utilizan para registrar y monitorear la caída de voltaje a través de cada celda electrolítica (un total de 10 celdas y un medidor digital de corriente de voltios registra la caída de tensión acumulada en todas las celdas para controlar la corriente que pasa a través de la Celda.

- Líneas de CO_2 , utilizadas para neutralizar la alcalinidad directamente a través del proceso de burbujeo de CO_2 , una para cada celda después de completar el proceso de enriquecimiento.

-Cilindro de CO_2 , 200 Litros de capacidad a 50 bar de presión, utilizada en el proceso de neutralización de alcalinidad.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- Válvulas de aguja, para conectar a cada línea de CO₂ y a cada celda, sirve para controlar el flujo de CO₂.
- Tubos de teflón, utilizados para conectar las celdas a los tubos de vidrio correspondientes durante la destilación final,
- Tubos de vidrio, recogen la muestra de agua enriquecida condensada de cada celda durante la destilación final.
- Bomba de vacío, utilizada para crear un vacío en las celdas y tubos durante el proceso de destilación final.
- Líneas de vacío, usadas en el proceso de destilación final.
- Calibradores de vacío, se fijan a cada celda para medir el nivel de vacío durante el proceso de destilación final.
- Sensor de temperatura, utilizado para medir la temperatura de los baños de refrigerante grande y pequeño durante diferentes procesos, por medio de un controlador de temperatura digital.
- Conjunto de conectores de cable, utilizados en el proceso de electrólisis para conectar las celdas con la fuente de alimentación de CD en dos códigos de color (cátodo y ánodo por separado).
- Unidad estándar de pre-destilación, que comprende de un generador de refrigeración y conjuntos individuales de unidades de destilación (calentadores, frascos, juntas de vidrio, etc.).
- Tapones de goma de diferentes tamaños, utilizados en los baños de refrigerante grandes y pequeños, celdas y tubos para reducir la pérdida de refrigerante y de la muestra, respectivamente
- Válvula doble de Latón, utilizada para cambiar entre los modos de calefacción y refrigeración de los baños de refrigerante.
- Regulador de temperatura del termopar, exhibe en el display la temperatura en centígrados del baño de refrigerante grande.
- .
- (OIEA, IAEA Celda, 2017), (OIEA, IAEA Rack, 2017), (OIEA, IAEA ensamble, 2017)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Figuras de las piezas y partes componentes que conforman la TEU



Figura 1 Rack compacto que alberga las partes integrantes del equipo

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 2 Celdas electrolíticas, cada una con capacidad de almacenar máximo 250 mililitros de muestra de agua.

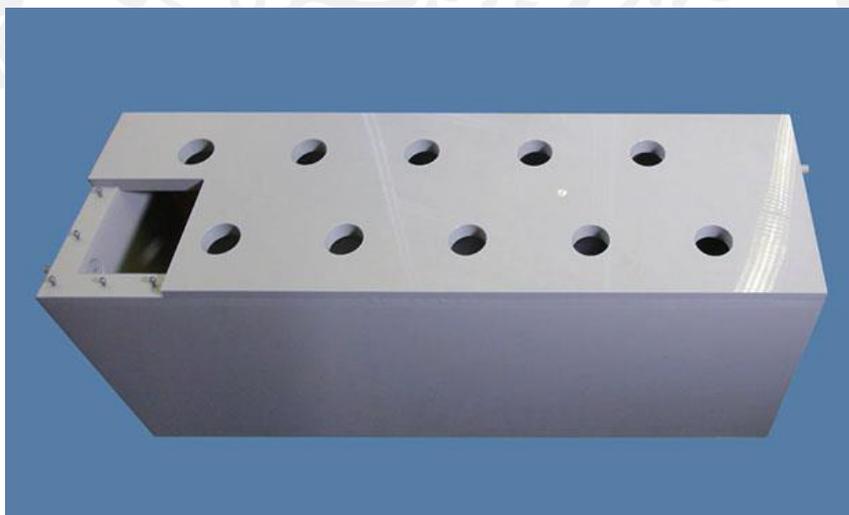


Figura 3 Baño grande de agua refrigerante de aproximadamente 80 Litros

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 4 Controlador térmico utilizado en los procesos de electrólisis, neutralización de alcalinidad y destilación final/post.



Figura 5 Ámpulas de alimentación continua con capacidad de 2 litros, con válvula variable según la necesidad de tener un bajo o alto Factor de enriquecimiento.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

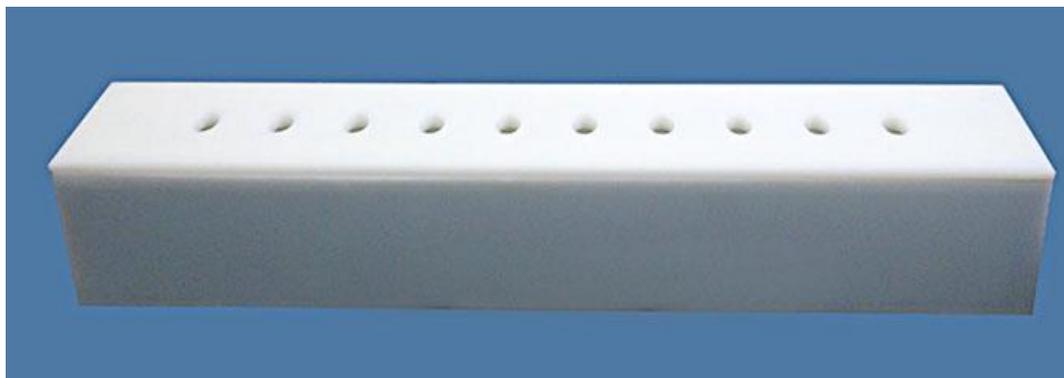


Figura 6 Baño pequeño de agua refrigerante de 5 Litros utilizada para condensar muestras de agua enriquecida durante la destilación final / posterior.

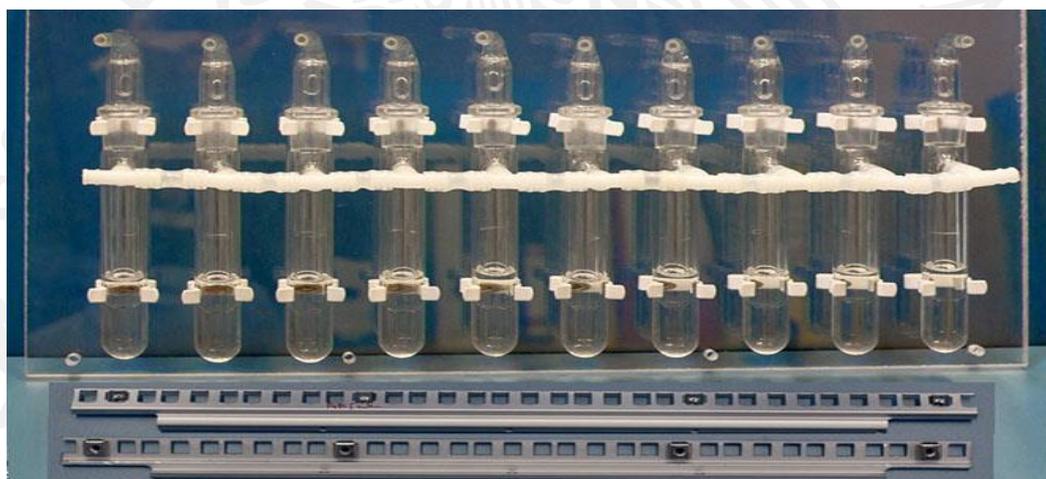


Figura 7 Burbujeadores, cada uno va conectado a una celda electrolítica a través de tubos de silicón para permitir el escape de los gases generados durante el proceso de electrólisis.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 8 Sistema de refrigeración criogénica, se utiliza con una bomba para hacer circular el refrigerante a través del baño de enfriamiento.



Figura 9 Fuente de alimentación CD, utilizada para subministrar la corriente a las celdas electrolíticas.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

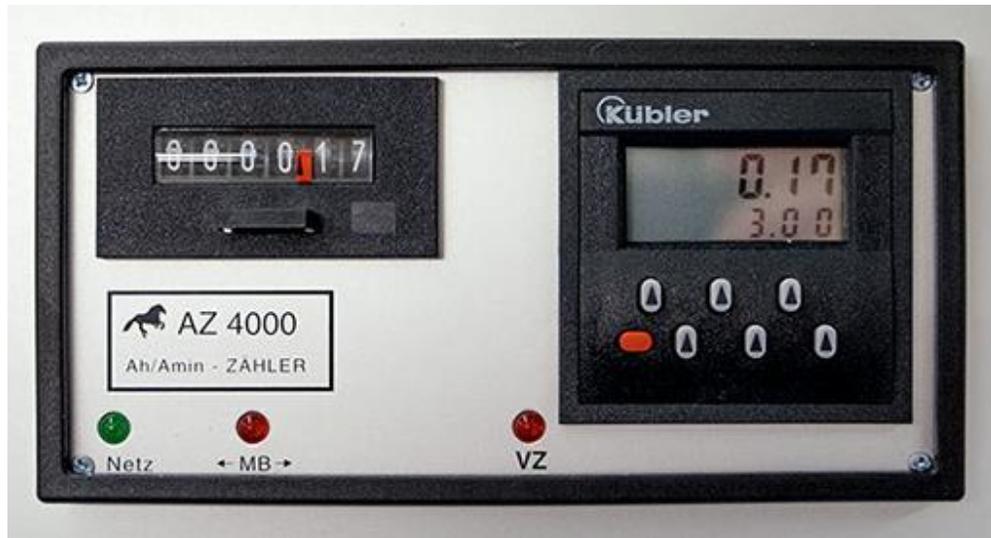


Figura 10 Contador Ah (Ampere-hora) digital, se utiliza para registrar la corriente durante la electrólisis y preestablecer un valor deseado para finalmente detener la electrólisis automáticamente.



Figura 11 Voltímetros digitales tipo LED, se utilizan para registrar y monitorear la caída de voltaje a través de cada celda electrolítica.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

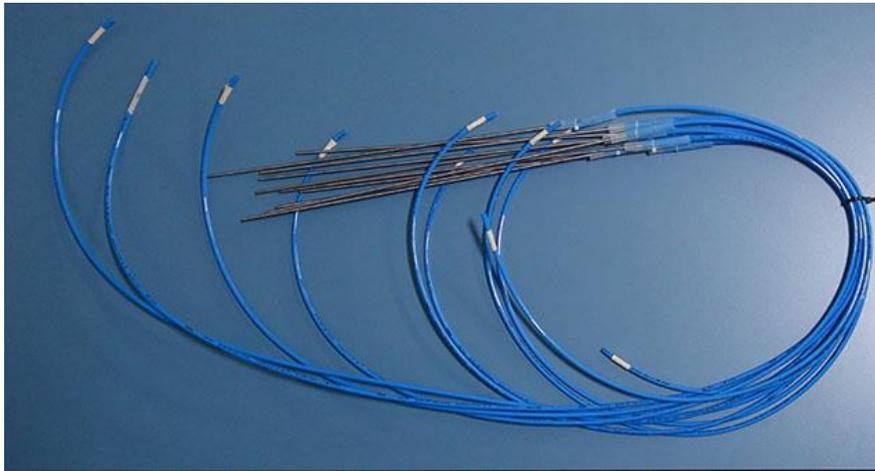


Figura 12 Líneas de CO₂, utilizadas para neutralizar la alcalinidad directamente a través del proceso de burbujeo de CO₂.



Figura 13 Cilindro de CO₂, 200 Litros de capacidad a 50 bar de presión, utilizada en el proceso de neutralización de alcalinidad.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

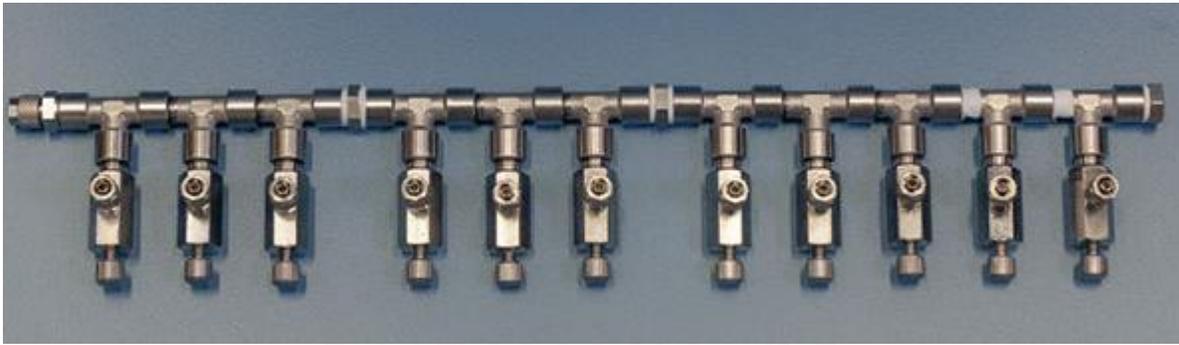


Figura 14 Válvulas de aguja, utilizadas para conectar una a cada línea de CO₂ y a la celda para controlar el flujo de CO₂.



Figura 15 Tubos de teflón, utilizados para conectar las celdas a los tubos de vidrio correspondientes durante la destilación final.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 16 Tubos de vidrio, recogen la muestra de agua enriquecida condensada de cada celda durante la destilación final.



Figura 17 Bomba de vacío, utilizada para crear un vacío en las celdas y tubos durante el proceso de destilación final.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 18 Líneas de vacío, usadas en el proceso de destilación final.



Figura 19 Calibradores de vacío, se fijan a cada celda para medir el nivel de vacío durante el proceso de destilación final

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

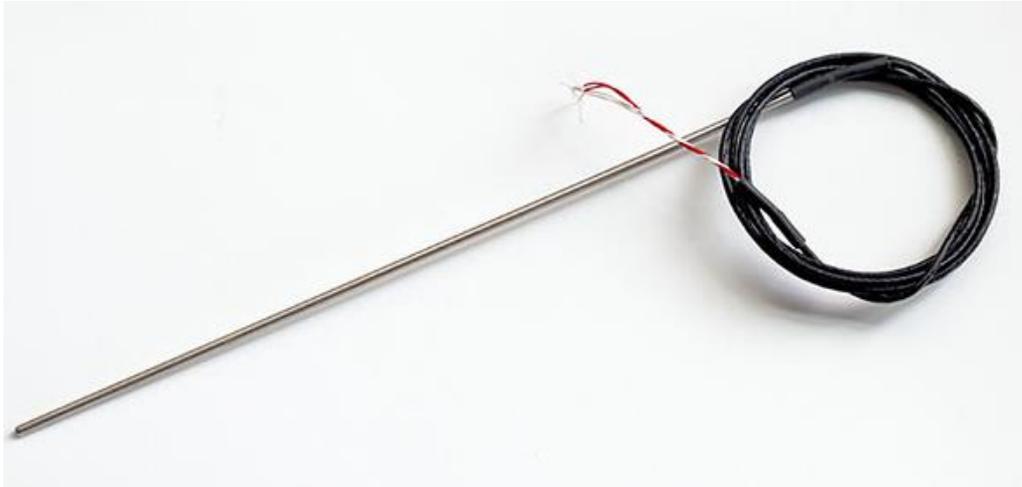


Figura 20 Sensor de temperatura, utilizado para medir la temperatura de los baños de refrigerante grande y pequeño durante diferentes procesos, por medio de un controlador de temperatura digital.

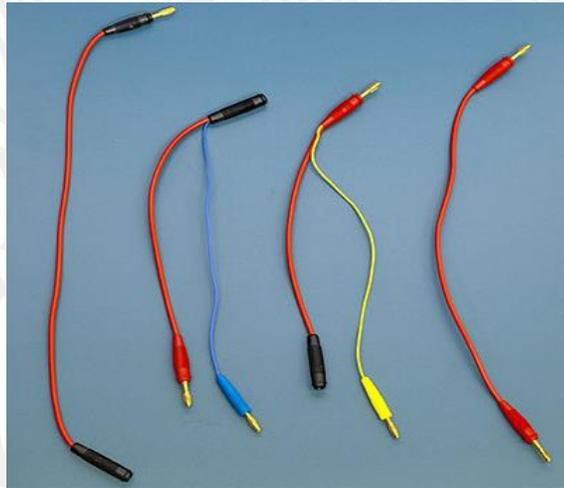


Figura 21 Conjunto de conectores de cable, utilizados en el proceso de electrólisis para conectar las celdas con la fuente de alimentación de CD.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 22 Unidad estándar de pre-distilación, integrada por un generador de refrigeración y conjuntos de unidades de destilación (calentadores, frascos, juntas de vidrio, etc.).



Figura 23 Tapones de goma de diferentes tamaños, utilizados en los baños de refrigerante grandes y pequeños, celdas y tubos para reducir la pérdida de refrigerante y de la muestra, respectivamente.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

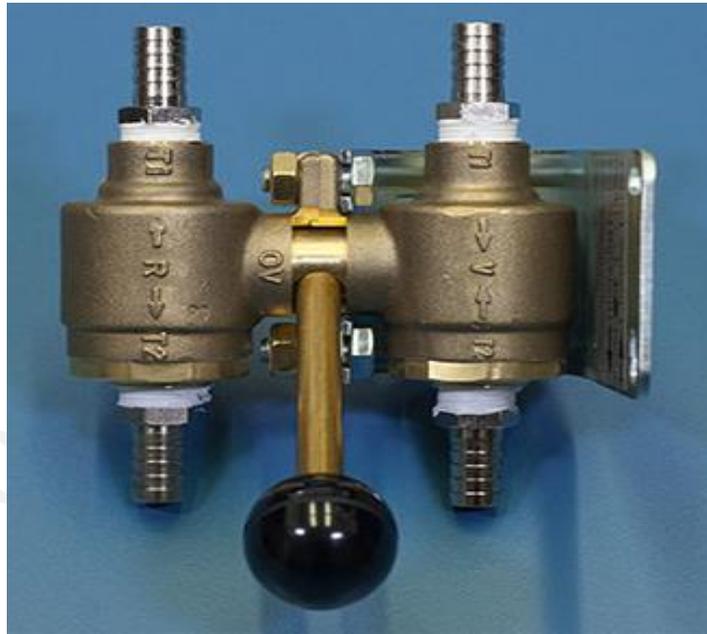


Figura 24 Válvula doble de Latón, utilizada para cambiar entre los modos de calefacción y refrigeración de los baños de refrigerante.

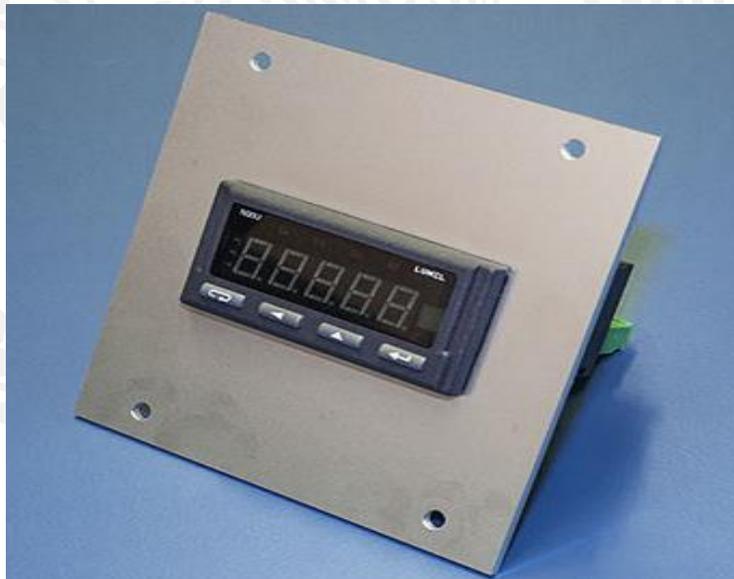


Figura 25 Controlador de temperatura, utilizado para indicar la temperatura del baño del refrigerante.

(OIEA, IAEA Celda, 2017), (OIEA, IAEA Rack, 2017), (OIEA, IAEA ensamble, 2017)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

4.2.- Metodología para realizar el armado, la instalación y las pruebas de operación a la TEU

La metodología utilizada para realizar la instalación de la unidad compacta de enriquecimiento electrolítico en el laboratorio de hidrología isotópica del IMTA, tiene como base la obtención y seguimiento de manuales, diagramas y video tutoriales del fabricante de la unidad. Esta información fue proporcionada por el personal del IMTA con apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). esta información se muestra en las Figuras 26 y 27. (Kainz, Dropbox, 2017)

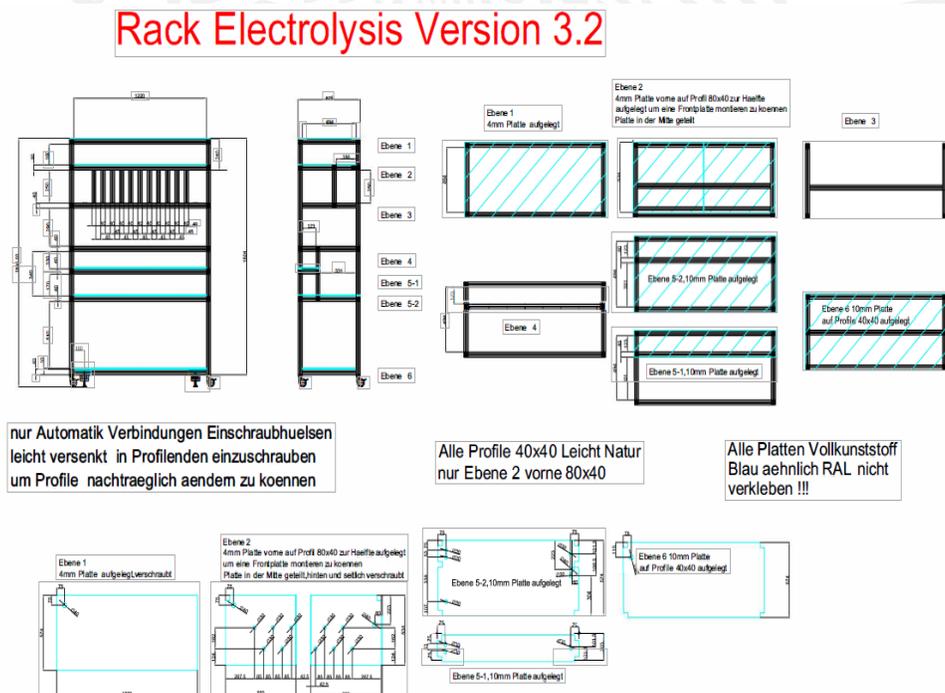


Figura 26 Diagrama de instalación del soporte estructural o rack de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio fabricada por el OIEA.

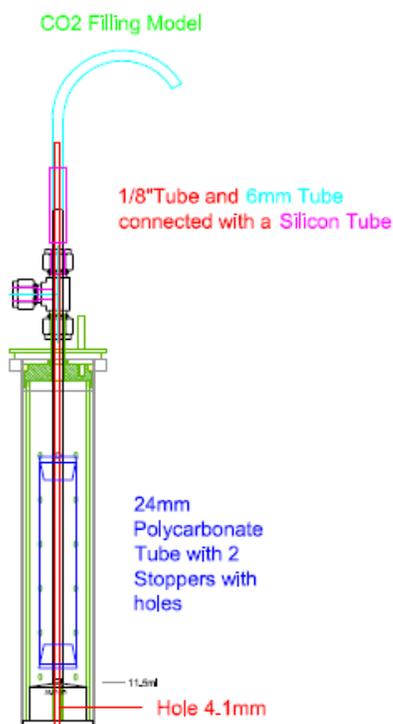


Figura 27 Celda de enriquecimiento electrolytico de la TEU

Se adaptaron los espacios e instalaciones en el laboratorio isotópico del IMTA, asegurando la colocación y orientación idónea de la TEU para su correcta operación.

La metodología de instalación incluye la verificación del funcionamiento de cada componente instrumental, materiales, conductores eléctricos, material de vidrio e instrumentos de control integrantes de la TEU. Este procedimiento aseguro el funcionamiento conjunto y la obtención de los parámetros nominales de operación de la unidad.

Se ensambló el soporte estructural (rack) de la TEU siguiendo las especificaciones del personal de la OIEA teniendo la certeza de que soportará todos los elementos y equipos instrumentales que forman parte de la unidad.

Una vez ensamblado y colocado los elementos y equipos que en conjunto forman la TEU, se deberá evaluar el factor de enriquecimiento electrolytico en cuando menos tres celdas, mediante la utilización de un spike de tritio cuya actividad específica es de 4.0 cuentas por minuto por mililitro. Esta prueba se realizará colocando agua en tres celdas electrolyticas, con un volumen inicial de 250 mililitros, aplicando peróxido de sodio granular mesh 140 para formar un

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

electrolito. A cada celda se le aplicará una corriente eléctrica de 4.0 amperes, hasta completar un total aproximado de 1400 Amperes-Hora, para reducir el volumen inicial a 10 o 12 mililitros. Todos los procesos se realizarán bajo condiciones controladas de temperatura y alimentación eléctrica para minimizar pérdidas de volumen por evaporación del electrolito. Se realizarán pesajes periódicos de las celdas con electrolito, para verificar el volumen disociado de agua y precisar los valores finales de corriente que se deberá aplicar para obtener de 10 o 12 mililitros de volumen final de spike enriquecido. El volumen residual enriquecido del spike se entregará al IMTA para la evaluación del factor de enriquecimiento correspondiente.

4.3.- Instalación de unidad compacta de enriquecimiento de tritio ambiental (TEU)

Para el armado de la Unidad Compacta de Enriquecimiento de Tritio Ambiental (TEU), la metodología a seguir se basa en la obtención y seguimiento detallado de video tutoriales que se encuentran en la pagina del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Se logro un contacto directo con el personal del OIEA, específicamente con el Ingeniero electrónico Gustav Gerhard Kainz mismo que proporciono información importante para poder realizar el armado de la unidad correctamente.

Las direcciones electrónicas proporcionadas por el ingeniero Gustav se muestran a continuación:

A. Procedimiento para el armado del rack:

<http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/teu-tutorial/assembling.html>

B. Procedimiento para el ensamble del conjunto de elementos de control de la TEU:

<http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/teu-tutorial/populating-the-rack.html>

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

C. Procedimiento para el ensamble de las celdas electrolíticas:

<http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/teu-tutorial/cell-s-structure.html>

D. Archivos CAD (diseño asistido por computadora):

https://www.dropbox.com/sh/6uck1q52tyk6tuj/AABr8cg1i9L_kMMN_ojXK_iMHa?dl=0

E. Archivos complementarios del rack:

https://www.dropbox.com/sh/ptzwgoqaqybe5ox/AABn2Aq1gjEb1opl_tjHDtura?dl=0

Los video tutoriales de instalación permitirán el montaje y ensamble de componentes, e instrumentos de conteo, así como los equipos de vacío y bombeo de fluidos.

Estas son las herramientas necesariarias para el ensamblaje del soporte estructural RACK.

- Llave hexagonal de 6mm
- Llave española de 5mm
- Llave hexagonal de 4mm
- Cinta métrica
- Regla
- Marcador de agua
- Guantes de látex

4.4.- Proceso de armado de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio ambiental (TEU) en el laboratorio de Hidrología subterránea del IMTA

En las siguientes Figuras se muestra el proceso de armado de la TEU, desde el momento en que se abrieron las cajas de envío, hasta las pruebas de operación realizadas.



Figura 28 Cajas que contienen la TEU

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 29 Caja contenedora del soporte estructural RACK



Figura 30 Piezas de aluminio que conforman el rack estructural

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 31 Piezas de desplazamiento y unión para el soporte estructural RACK



Figura 32 Estructura lateral del RACK

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 33 Personal de la empresa ensamblando la cara central del soporte estructural RACK



Figura 34 Estructura central y lateral del rack

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 35 Soporte estructural armado, preparado para ensamblar los dispositivos de desplazamiento



Figura 36 Rack estructural ensamblado

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 37 Colocación de los burbujeadores



Figura 38 Integración de los baños de refrigerante grande y pequeño

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 39 Integración de línea de neutralización



Figura 40 Integración de instrumentos de control (fuente de poder, contador de Ampere/hora, controlador de temperatura, indicadores de voltaje de cada celda)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

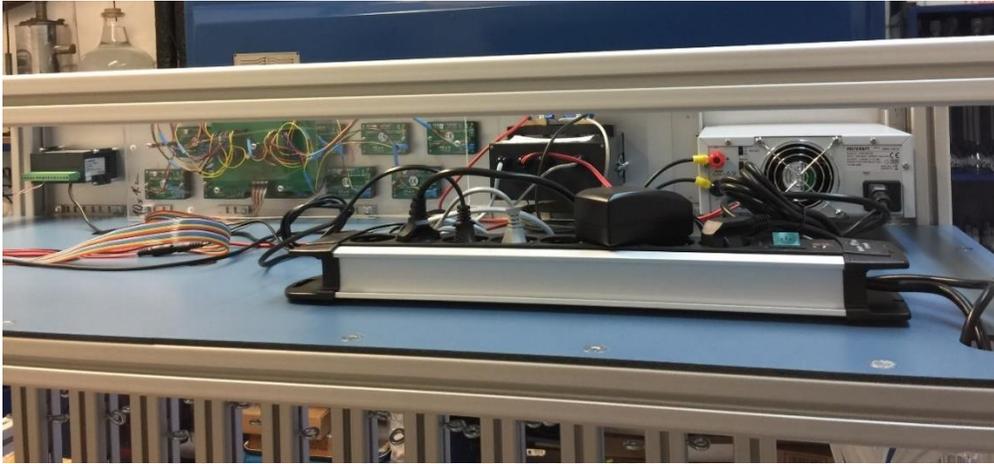


Figura 41 Vista posterior de los instrumentos de control y sus conexiones



Figura 42 TEU armada

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Se realizó la verificación, prueba e integración de las partes componentes que integran la TEU, en el laboratorio de Hidrología Isotópica del IMTA, la **Tabla 1** muestra el desglose de componentes que se encontraban dentro de las cajas, se verificó la condición general y el funcionamiento de cada elemento/pieza.

Se realizaron las adecuaciones eléctricas y de espacio requeridas para la correcta operación de la TEU, por lo tanto, las conexiones tipo europeas se encontraban ya habilitadas para realizar las conexiones y pruebas correspondientes.

cada elemento que forma parte de la TEU fue sometido a etapas de prueba por separado y en conjunto, con el fin de asegurar la operación correcta de la unidad de enriquecimiento.



Figura 43 Prueba de instrumentos de control e indicadores electrónicos de la TEU

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

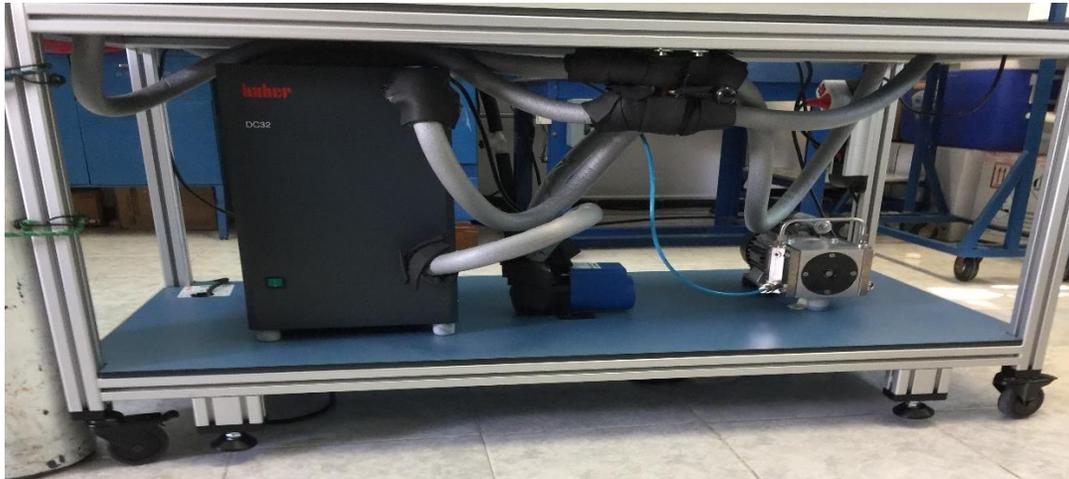
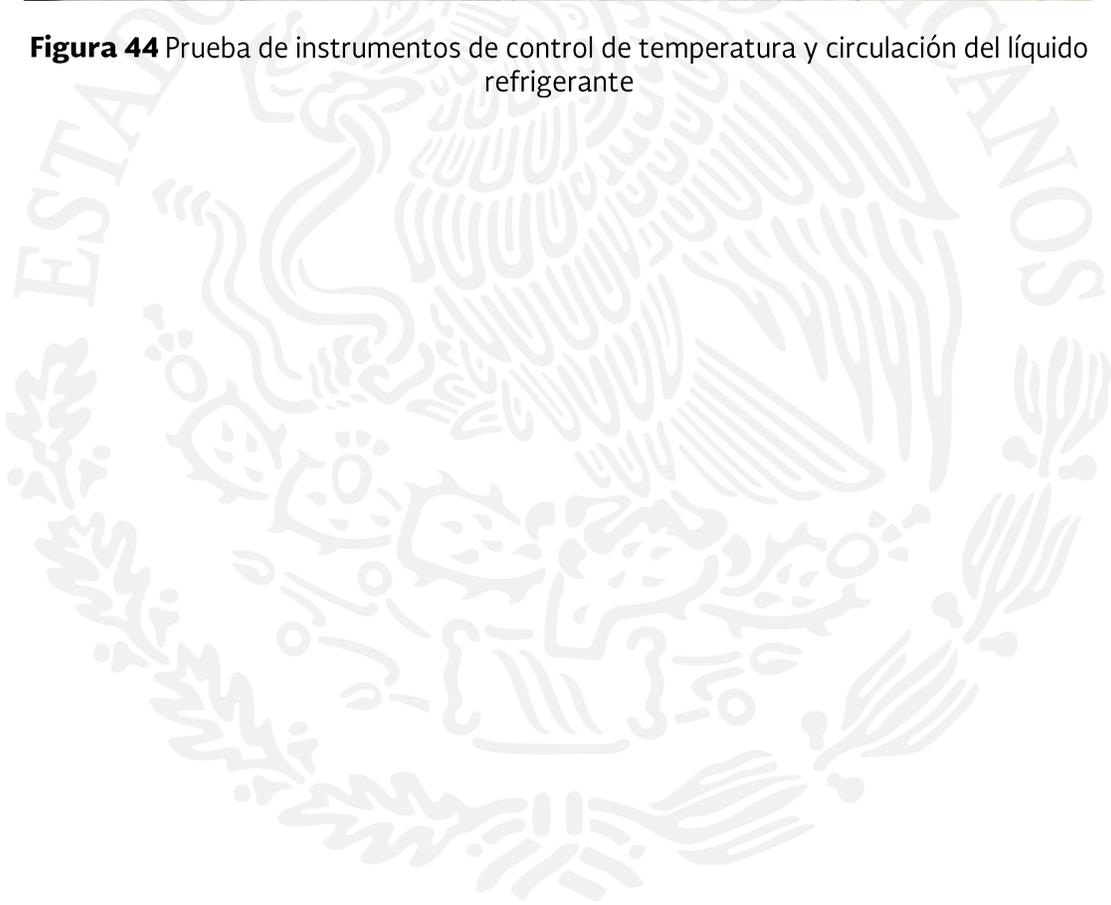


Figura 44 Prueba de instrumentos de control de temperatura y circulación del líquido refrigerante



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

4.5.- Relación de partes e instrumentos de control de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio TEU

Estado y condiciones de operación

Tabla 1 Relación de partes e instrumentos de control de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio TEU

EMPAQUE (PALLET)	DESCRIPCIÓN COMPONENTE	ESTADO	OBSERVACIONES
1A	10x bubbler	BC	VF
1A	11x trap with clamp	BC	VF
1A	24x stopper for traps	BC	VF
1A	1x bubbler exhaust connectors	BC	VF
1A	1x bubbler exhaust line	BC	VF
1A	1x insulation tape, sticky	BC	VF
1A	10x glass stoppers	BC	VF
1B	10x 2L bottle	BC	VF
1 C1-C5	1x heating mantle for primary distillation	BC	BFC
1D	10x 1L round bottom flaks	BC	VF
1A	6x distilation cooler	BC	VF
1A	6x 90 degree connector	BC	VF
1A	10x stopper for big water bath	BC	VF
1A	10x stopper for small water bath	BC	VF
1A	6x distilation connector	BC	VF
1F	10x preasure gauge	BC	VF
1F	20x hocks and adapters for bottle holders	BC	VF
25 1F	22x hose clamp for water bath & distilation	BC	VF
1F	12x bottle holder straps (2 spare)	BC	VF
1F	12x 2L bottle casps seals(2 spare)	BC	VF
1F	10x 2L bottle caps	BC	VF
1F	1x pack of boiling Stones	BC	VF
1F	12x clamps for distilation	BC	VF
1G	1x power supply with mounting	BC	BFC
1G	1x front cover plate	BC	VF

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

1G	1x ampere meter with mounting	BC	BFC
1G	1x heat control	BC	BFC
1G	1x reservoir for primary distillation	BC	VF
1G	tubes for primary distillation, with some spare	BC	BF
EMPAQUE (PALLET)	DESCRIPCIÓN COMPONENTE	ESTADO	OBSERVACIONES
1	1x cell opening tool	BC	VF
2	1x vacuum valves line	BC	VF
1F	1x channel for power & data cables	BC	BFC
2	1x channel for power distribution for electrolysis	BC	BFC
1I	10x electrolysis cells	BC	BFC
G1 G2	10 CO2 tube	BC	VF
2	2x spare insulation tube	BC	VF
1J	1x vacuum pump	BC	BFC
1J	10x teflón tubes for final distillation	BC	VF
1	1x set of holders for tubes & connectors with mountings	BC	VF
G1 G2	1x double valve for coolant	BC	VF
1	1x spare sticky tape	BC	VF
1	1x CO2 regulator block	BC	VF
1	3x spare teflón fittings 3/8	BC	VF
1	3x spare teflón fittings 1/4	BC	VF
1F	5x spare inner tube for cell	BC	VF
1	4x spare teflón disk for cell	BC	VF
G1 G2	1x circulation pump	BC	BFC
G1 G2	1x pump for primary distillation with connectors	BC	BFC
1	1x cable set for electrolysis	BC	BFC
G1 G2	1x ventilator for condensation prevention	BC	VF
1M	1x power regulator for primary distillation	BC	BFC
2	1x power multi socket for primary distillation	BC	VF
2	1x power socket for electrolysis with power supplies	BC	VF
2	1x power socket for circulation & cooling	BC	VF

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

1	1x container for pump	BC	VF
2	Small water bath	BC	VF
2	Large water bath	BC	VF
2	1x exhaust system	BC	BFC
EMPAQUE (PALLET)	DESCRIPCIÓN COMPONENTE	ESTADO	OBSERVACIONES
2 inside large water bath	1x cell voltaje drop control	BF	BFC
2 inside large water bath	1x bubler mount plate	BF	VF
2 inside large water bath	1x exhaust system	BF	VF
2 inside large water bath	1x cannel for power & data cables	BF	VF
2 inside large water bath	10 CO2 tube	BF	VF
2	1x cannel for power distribution for electrolysis	BF	BFC
2H	6x 1L distilation bottle	BF	VF
3L	1x chiller for electrolysis	BF	BFC
3N	1x chiller for primary distilation	BF	BFC
4	Electrolysis rack, disassambled	BF	BFC

BC Buenas Condiciones

BFC Buen Funcionamiento Conjunto

VF Verificado

MC Malas Condiciones

NF No Funciona

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

4.6.- Prueba de tres celdas electrolíticas y entrega de los volúmenes enriquecidos, para evaluación del factor de enriquecimiento electrolítico

Proceso de electrolisis

El proceso de electrólisis a baja temperatura da como resultado que el tritio y el deuterio se concentren selectivamente dentro del agua residual que queda en la celda de electrólisis.

La electrólisis de muestras de agua se lleva a cabo casi a temperaturas de congelación con el fin de maximizar la discriminación de isótopos y pasando una corriente desde el cátodo al ánodo a través de la muestra de agua que contiene el electrolito. Los gases O₂ y H₂ resultantes (mezcla explosiva) se ventilan con seguridad afuera a una campana extractora. Al final de la electrólisis, el tritio y el deuterio se concentraron por factores de 20-90 o más, dependiendo de los volúmenes inicial y final.

se realizaron pruebas de operación a 3 celdas electrolíticas, para ello se realizó el siguiente procedimiento.

se realizó el pesaje de las celdas electrolíticas vacías, dando como resultado 179 gramos, después se agregaron 250 ml de agua en un ámpula de vidrio con capacidad de 2litros de agua, se preparó el electrolito, agregando 0.75 gramos de peróxido de sodio en el fondo del ánodo de la celda, se agregó un poco de agua del ámpula de vidrio y se agito durante 20 minutos, se procedió a colocar el cátodo de las celdas y se colocaron en el baño de agua grande.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 45 Celda preparada con electrolito introducida en el baño de agua grande de la TEU

Posteriormente se realizaron las conexiones de los cables de alimentación para hacer pasar corriente en las celdas electrolíticas y poder así enriquecer electrolíticamente las muestras de agua.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 46 Colocación de cables a cada una de las celdas electrolíticas



Figura 47 Colocación de las ámpulas de vidrio con capacidad de 2 litros, con 250 ml de la muestra de agua.

Proceso de neutralización de alcalinidad

Este proceso consiste en hacer pasar por la celda gas CO₂, para realizar la neutralización de la muestra de agua, se debe insertar la línea de gas al interior de la celda electrolítica, y ajustar la salida de gas en función con el número de burbujas que se observen en los burbujeadores de vidrio, para ello se debe regular la línea de CO₂ con las perillas de apertura del gas.

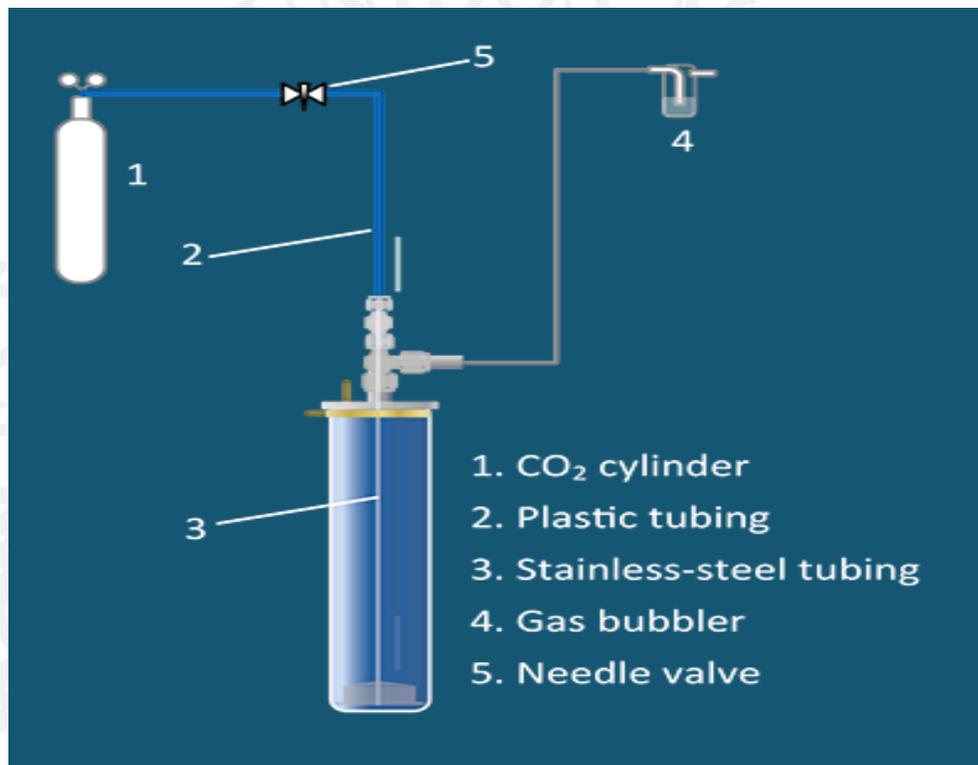


Figura 48 Proceso de neutralización de alcalinidad

Proceso de destilación final

Una vez que se ha completado la concentración electrolítica, la muestra de agua necesita ser recuperada cuantitativamente de la celda para el recuento de centelleo líquido, y destilada para eliminar todos los electrolitos añadidos que podrían causar interferencia.

La etapa final de destilación requiere que las muestras de agua se recuperen criogénicamente calentando la muestra y usando una trampa fría criogénica con

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

un vacío suave para bombear toda el agua y el vapor de la celda de enriquecimiento. La recuperación cuantitativa del agua es esencial para determinar adecuadamente los factores de enriquecimiento de tritio y deuterio.



Figura 49 Colocación de tubos destilación final conectados al baño de agua pequeño

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 50 Proceso de destilación final

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

4.7.- Resultado de la evaluación del factor de enriquecimiento de tres celdas electrolíticas de la unidad compacta de enriquecimiento de tritio TEU

Tabla 2 Factor de enriquecimiento medido en el contador de centelleo líquido.

No. Muestra	Descripción	CPM A (Promedio)	CPM B (Promedio)	CPM C (Promedio)
1	Agua muerta fondo del equipo	1.0	1.3	1.9
2	Agua muerta fondo del equipo	1.4	1.7	2.5
3	Agua muerta fondo del equipo	1.1	1.4	2.1
4	Spike ISCR sin enriquecer 1	44.6	48.1	49.6
5	Spike ISCR sin enriquecer 2	44.5	48.2	49.9
6	Spike ISCR sin enriquecer 3	44.8	48.5	50.3
7	Estándar interno NIST	87.6	94.4	97.4
8	Spike enriquecido celda 1	632.6	676.6	690.0
9	Spike enriquecido celda 2	609.2	655.1	669.9
10	Spike enriquecido celda 3	599.2	643.4	657.0
Factor de enriquecimiento 1		14.18	14.06	13.91
Factor de enriquecimiento 2		13.68	13.59	13.42
Factor de enriquecimiento 3		13.37	13.26	13.06

NOTA: La prueba se realizó para evaluar con un volumen inicial de agua de 250 mililitros.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Los resultados de la evaluación del factor de enriquecimiento se pueden observar en las siguientes imágenes.

11/15/2017 10:20:49 AM QuantaSmart (TM) - 5.01 - Serial# SGL011160224 Page 1
Protocol# 9 - Spike_ISCR_VER2_TEU.lsa User: LGHita
Resultados del Spike de Tritio de ISCR_VER2 para evaluacion de celdas electroliticas de la TEU-1

Assay Definition

Assay Description:
Resultados del SPIKE de ISCR_VER2 para ensayos con celdas electroliticas de la TEU-IAEA
Assay Type: CPM
Report Name: Report1
Output Data Path: C:\Packard\Tricarb\Results\LGHita\Spike_ISCR_VER2_TEU\20171113_2023
Raw Results Path: C:\Packard\Tricarb\Results\LGHita\Spike_ISCR_VER2_TEU\20171113_2023
\20171113_2023.results
Comma-Delimited File Name: C:\Packard\Tricarb\Results\LGHita\Spike_ISCR_VER2_TEU\20171113_2023\Resultados SPIKE_ISCR_VER2.csv
Assay File Name: C:\Packard\TriCarb\Assays\Spike_ISCR_VER2_TEU.lsa

Count Conditions

Nuclide: 3H-CPM-IMTA
Quench Indicator: SIS
External Std Terminator (sec): n/a
Pre-Count Delay (min): 0.00
Quench Set: n/a
Count Time (min): 15.00
Count Mode: Low Level
Assay Count Cycles: 1 Repeat Sample Count: 10
Number of Vials/Sample: 1 Calculate % Reference: Off

Background Subtract

Background Subtract: Off
Low CPM Threshold: Off
2 Sigma % Terminator: Off

Regions	LL	UL
A	0.0	4.5
B	0.0	6.0
C	0.0	18.6

Count Corrections

Static Controller: On Luminescence Correction: Off GCT: Off
Colored Samples: n/a Heterogeneity Monitor: n/a PAC: Disabled
Coincidence Time (nsec): 18 Delay Before Burst (nsec): 75 PAC Strength: n/a

Cycle 1 Results

S#	P#	DATE	TIME	CPMA	A:2S%	CPMB	B:2S%	CPMC	C:2S%	SIS
1	9	11/13/2017	8:38:59 PM	1.1	50.0	1.2	47.1	2.1	35.8	592.0
1	9	11/13/2017	8:54:08 PM	0.6	66.7	0.7	60.3	1.4	43.1	689.2
1	9	11/13/2017	9:09:16 PM	0.6	66.7	0.8	57.7	1.4	43.4	948.4
1	9	11/13/2017	9:24:25 PM	1.4	43.6	1.7	40.0	2.2	34.6	465.1
1	9	11/13/2017	9:39:34 PM	1.1	48.5	1.4	43.6	2.0	36.5	579.0
1	9	11/13/2017	9:54:43 PM	1.3	44.7	1.5	42.6	2.2	34.9	729.5
1	9	11/13/2017	10:09:51 PM	0.9	55.5	0.9	53.5	1.7	39.5	583.7
1	9	11/13/2017	10:25:00 PM	1.1	48.5	1.5	42.6	2.1	35.2	360.1
1	9	11/13/2017	10:40:09 PM	0.9	53.5	1.2	47.1	1.8	38.3	707.5
1	9	11/13/2017	10:55:18 PM	1.4	43.6	1.7	39.2	2.4	33.6	458.0
				1.0		1.3		1.9		611.3
2	9	11/13/2017	11:10:40 PM	1.8	38.5	2.1	35.4	3.5	27.6	389.8

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

11/15/2017 10:20:49 AM QuantaSmart (TM) - 5.01 - Serial# SGL011160224 Page 2
 Protocol# 9 - Spike_ISCR_VER2_TEU.lsa User: LGHita
 Resultados del Spike de Tritio de ISCR_VER2 para evaluacion de celdas electroliticas de la TEU-1

2	9	11/13/2017	11:25:49 PM	1.2	47.1	1.4	43.6	1.8	38.5	414.3
2	9	11/13/2017	11:40:58 PM	1.1	50.0	1.2	47.1	2.0	36.2	555.7
2	9	11/13/2017	11:56:07 PM	1.5	42.6	1.9	37.8	2.7	31.5	238.7
2	9	11/14/2017	12:11:15 AM	1.4	43.6	1.6	40.8	2.5	32.4	373.3
2	9	11/14/2017	12:26:24 AM	1.9	37.8	2.1	35.9	2.8	31.0	458.7
2	9	11/14/2017	12:41:33 AM	1.4	43.6	1.4	43.6	2.1	35.2	572.2
2	9	11/14/2017	12:56:42 AM	1.3	44.7	1.6	40.8	2.1	35.6	527.5
2	9	11/14/2017	1:11:50 AM	0.9	53.5	1.2	47.1	2.1	35.7	464.7
2	9	11/14/2017	1:26:59 AM	1.5	41.7	2.1	35.4	3.2	28.8	220.4
				1.4		1.7		2.5		421.5
3	9	11/14/2017	1:42:22 AM	1.0	51.6	1.3	44.7	2.1	35.6	360.3
3	9	11/14/2017	1:57:31 AM	1.3	45.9	1.6	40.8	2.5	32.4	233.1
3	9	11/14/2017	2:12:39 AM	1.4	43.6	1.7	39.2	2.2	34.6	445.2
3	9	11/14/2017	2:27:48 AM	0.9	53.5	1.1	50.0	1.8	38.2	451.4
3	9	11/14/2017	2:42:57 AM	1.3	45.9	1.6	40.8	2.5	32.6	522.3
3	9	11/14/2017	2:58:05 AM	0.9	55.5	1.2	47.1	1.9	37.0	608.0
3	9	11/14/2017	3:13:14 AM	0.7	60.3	1.1	48.5	1.7	39.0	548.7
3	9	11/14/2017	3:28:23 AM	1.1	50.0	1.3	44.7	2.1	35.6	336.9
3	9	11/14/2017	3:43:31 AM	1.0	51.6	1.4	43.6	2.1	35.9	548.5
3	9	11/14/2017	3:58:40 AM	1.3	45.9	1.4	43.6	1.9	37.0	850.4
				1.1		1.4		2.1		490.5
4	9	11/14/2017	4:14:03 AM	43.4	7.8	47.1	7.5	48.4	7.4	32.1
4	9	11/14/2017	4:29:12 AM	44.6	7.7	48.9	7.4	50.4	7.3	32.0
4	9	11/14/2017	4:44:21 AM	46.9	7.5	50.7	7.2	52.4	7.1	35.7
4	9	11/14/2017	4:59:30 AM	43.0	7.9	46.4	7.6	48.4	7.4	32.8
4	9	11/14/2017	5:14:38 AM	46.6	7.6	49.8	7.3	51.0	7.2	25.0
4	9	11/14/2017	5:29:47 AM	47.3	7.5	50.7	7.3	52.5	7.1	18.7
4	9	11/14/2017	5:44:56 AM	41.5	8.0	44.9	7.7	46.5	7.6	31.7
4	9	11/14/2017	6:00:05 AM	44.2	7.8	48.1	7.4	49.3	7.4	43.2
4	9	11/14/2017	6:15:13 AM	43.9	7.8	46.9	7.5	48.3	7.4	46.9
4	9	11/14/2017	6:30:23 AM	44.2	7.8	47.7	7.5	48.7	7.4	51.2
				44.6		48.1		49.6		34.9
5	9	11/14/2017	6:45:45 AM	47.1	7.5	50.8	7.2	52.4	7.1	33.1
5	9	11/14/2017	7:00:54 AM	43.8	7.8	47.0	7.5	48.9	7.4	40.2
5	9	11/14/2017	7:16:02 AM	46.4	7.6	50.1	7.3	52.1	7.2	26.9
5	9	11/14/2017	7:31:11 AM	44.1	7.8	47.3	7.5	49.0	7.4	21.1
5	9	11/14/2017	7:46:20 AM	45.6	7.6	49.6	7.3	51.2	7.2	34.5
5	9	11/14/2017	8:01:29 AM	44.5	7.7	48.3	7.4	50.1	7.3	25.7
5	9	11/14/2017	8:16:38 AM	43.4	7.8	46.9	7.5	48.3	7.4	51.6
5	9	11/14/2017	8:31:46 AM	44.0	7.8	47.5	7.5	49.1	7.4	20.5
5	9	11/14/2017	8:46:55 AM	42.8	7.9	46.5	7.6	48.3	7.4	41.3
5	9	11/14/2017	9:02:04 AM	43.1	7.9	47.7	7.5	49.3	7.4	36.2
				44.5		48.2		49.9		33.1
6	9	11/14/2017	9:17:26 AM	46.8	7.5	50.9	7.2	52.8	7.1	38.6
6	9	11/14/2017	9:32:35 AM	45.3	7.7	49.8	7.3	51.3	7.2	46.2
6	9	11/14/2017	9:47:44 AM	46.5	7.6	50.9	7.2	52.3	7.1	44.3
6	9	11/14/2017	10:02:53 AM	44.5	7.7	48.0	7.5	50.4	7.3	47.3
6	9	11/14/2017	10:18:01 AM	44.7	7.7	48.1	7.4	49.8	7.3	50.0
6	9	11/14/2017	10:33:10 AM	42.7	7.9	45.9	7.6	48.0	7.5	19.7
6	9	11/14/2017	10:48:19 AM	45.9	7.6	49.4	7.3	51.3	7.2	37.2
6	9	11/14/2017	11:03:28 AM	43.2	7.9	47.2	7.5	48.6	7.4	15.4
6	9	11/14/2017	11:18:37 AM	44.7	7.7	47.8	7.5	49.3	7.4	44.2
6	9	11/14/2017	11:33:46 AM	43.7	7.8	47.2	7.5	49.4	7.3	20.7
				44.8		48.5		50.3		36.4
7	9	11/14/2017	11:49:08 AM	88.7	5.5	96.2	5.3	99.4	5.2	23.4
7	9	11/14/2017	12:04:17 PM	87.3	5.5	93.9	5.3	96.7	5.3	22.7
7	9	11/14/2017	12:19:26 PM	85.3	5.6	91.7	5.4	94.1	5.3	19.2
7	9	11/14/2017	12:34:35 PM	89.6	5.5	95.7	5.3	99.0	5.2	25.0

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

11/15/2017 10:20:49 AM QuantaSmart (TM) - 5.01 - Serial# SGL011160224 Page 3
 Protocol# 9 - Spike_ISCR_VER2_TEU.lsa User: LGHita
 Resultados del Spike de Tritio de ISCR_VER2 para evaluacion de celdas electroliticas de la TEU-1

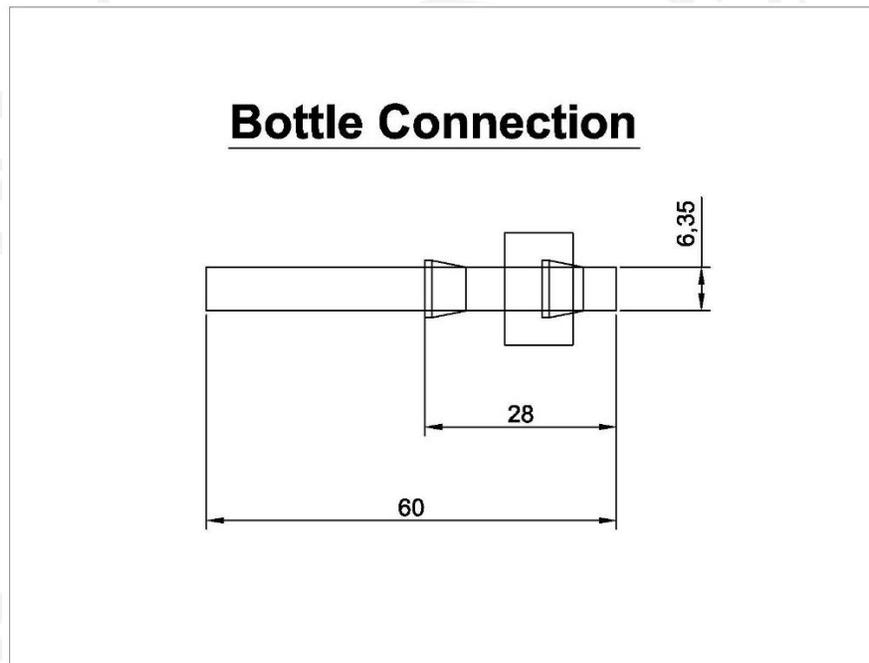
7	9	11/14/2017	12:49:44 PM	88.1	5.5	94.5	5.3	97.8	5.2	19.4
7	9	11/14/2017	1:04:53 PM	85.5	5.6	92.3	5.4	95.9	5.3	17.6
7	9	11/14/2017	1:20:01 PM	89.1	5.5	96.2	5.3	99.9	5.2	36.0
7	9	11/14/2017	1:35:10 PM	85.7	5.6	92.8	5.4	96.2	5.3	19.3
7	9	11/14/2017	1:50:19 PM	92.3	5.4	98.9	5.2	101.1	5.1	36.4
7	9	11/14/2017	2:05:28 PM	84.6	5.6	91.5	5.4	94.2	5.3	29.6
				87.6		94.4		97.4		24.9
8	9	11/14/2017	2:20:51 PM	634.5	2.1	680.9	2.0	694.4	2.0	12.0
8	9	11/14/2017	2:35:59 PM	640.4	2.0	682.7	2.0	694.4	2.0	10.2
8	9	11/14/2017	2:51:08 PM	638.3	2.0	680.9	2.0	693.5	2.0	9.8
8	9	11/14/2017	3:06:17 PM	625.1	2.1	668.5	2.0	680.6	2.0	10.3
8	9	11/14/2017	3:21:26 PM	623.2	2.1	667.7	2.0	681.9	2.0	12.0
8	9	11/14/2017	3:36:35 PM	639.2	2.0	686.2	2.0	699.1	2.0	10.8
8	9	11/14/2017	3:51:44 PM	626.3	2.1	671.5	2.0	686.2	2.0	11.2
8	9	11/14/2017	4:06:53 PM	648.3	2.0	691.9	2.0	705.7	1.9	11.3
8	9	11/14/2017	4:22:01 PM	621.9	2.1	663.7	2.0	678.4	2.0	10.4
8	9	11/14/2017	4:37:10 PM	629.3	2.1	672.5	2.0	686.3	2.0	11.0
				632.6		676.6		690.0		10.9
9	9	11/14/2017	4:52:33 PM	607.9	2.1	654.1	2.0	668.7	2.0	11.5
9	9	11/14/2017	5:07:42 PM	606.1	2.1	654.0	2.0	670.6	2.0	10.8
9	9	11/14/2017	5:22:50 PM	617.3	2.1	664.3	2.0	678.1	2.0	12.0
9	9	11/14/2017	5:37:59 PM	610.4	2.1	653.3	2.0	666.1	2.0	10.2
9	9	11/14/2017	5:53:08 PM	597.1	2.1	644.9	2.0	658.9	2.0	11.8
9	9	11/14/2017	6:08:17 PM	598.5	2.1	642.5	2.0	657.4	2.0	9.8
9	9	11/14/2017	6:23:26 PM	623.7	2.1	669.3	2.0	684.4	2.0	11.4
9	9	11/14/2017	6:38:35 PM	605.9	2.1	652.5	2.0	668.0	2.0	9.4
9	9	11/14/2017	6:53:44 PM	613.7	2.1	660.5	2.0	676.1	2.0	9.5
9	9	11/14/2017	7:08:53 PM	610.9	2.1	655.2	2.0	671.1	2.0	11.1
				609.2		655.1		669.9		10.7
10	9	11/14/2017	7:24:15 PM	596.7	2.1	639.6	2.0	651.9	2.0	10.9
10	9	11/14/2017	7:39:24 PM	599.4	2.1	641.9	2.0	656.1	2.0	9.0
10	9	11/14/2017	7:54:33 PM	609.7	2.1	654.7	2.0	668.9	2.0	10.0
10	9	11/14/2017	8:09:42 PM	596.5	2.1	641.1	2.0	655.4	2.0	11.2
10	9	11/14/2017	8:24:50 PM	591.6	2.1	634.2	2.1	646.9	2.0	9.6
10	9	11/14/2017	8:39:59 PM	600.6	2.1	645.0	2.0	658.8	2.0	12.6
10	9	11/14/2017	8:55:08 PM	605.0	2.1	649.7	2.0	663.6	2.0	10.2
10	9	11/14/2017	9:10:17 PM	598.2	2.1	644.9	2.0	658.3	2.0	11.3
10	9	11/14/2017	9:25:25 PM	596.1	2.1	639.7	2.0	652.2	2.0	10.8
10	9	11/14/2017	9:40:34 PM	598.6	2.1	643.1	2.0	657.5	2.0	10.2
				599.2		643.4		657.0		10.6



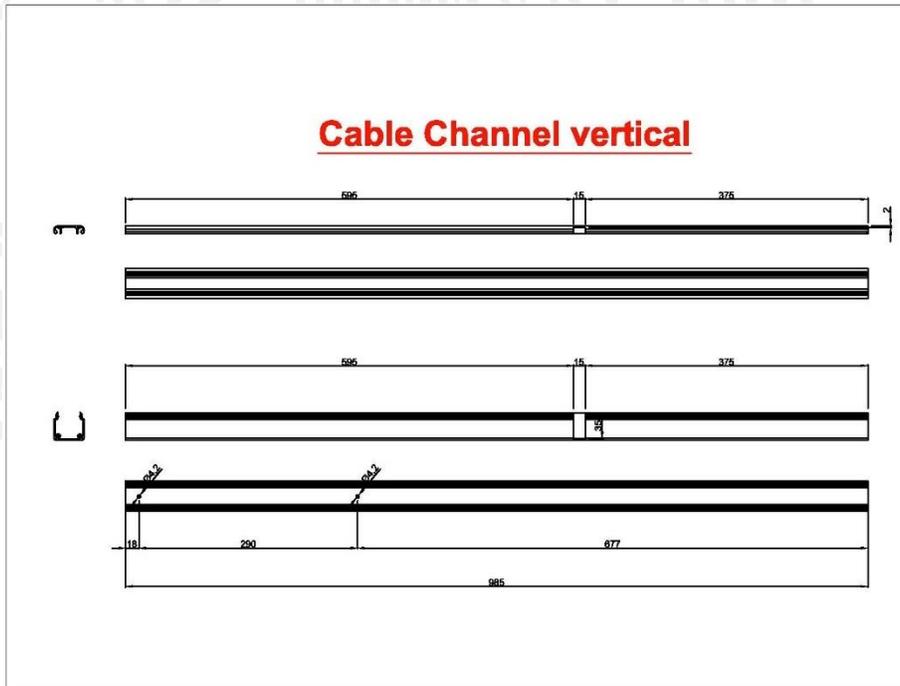
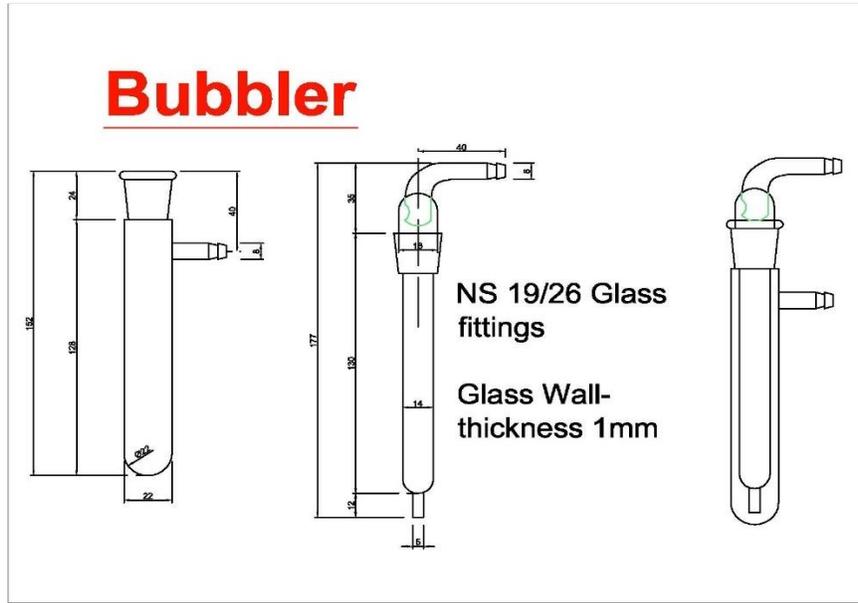
“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

4.8.- Planos de los diversos componentes que forman parte de la TEU

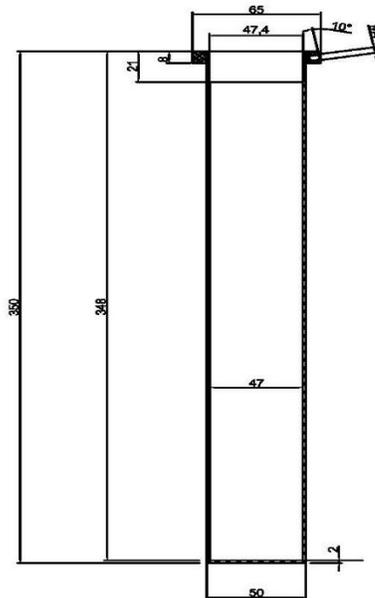
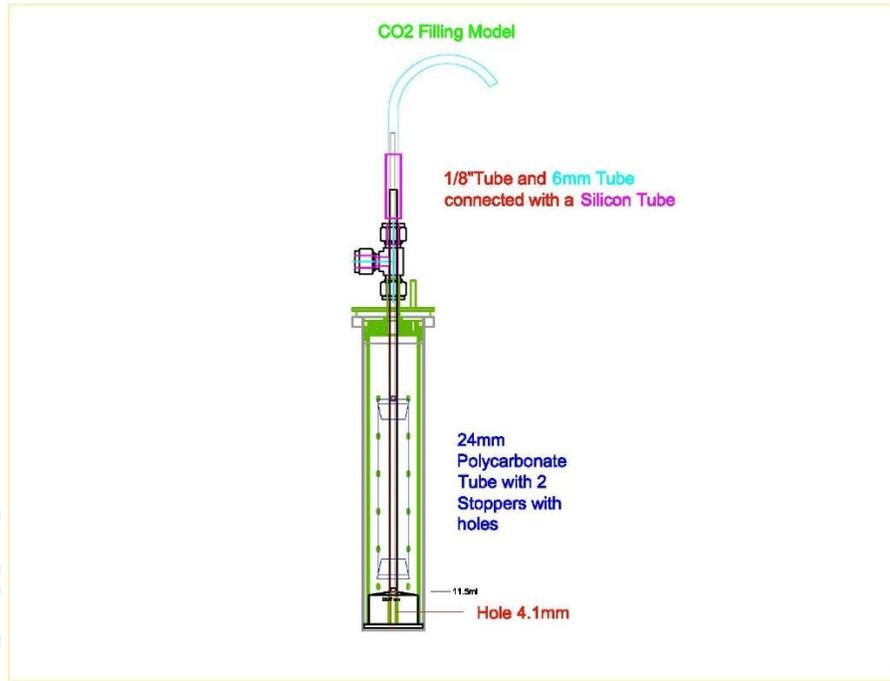
En las siguientes ilustraciones, se observan los planos (CAD Diseño Asistido por Computadora) proporcionados el Ingeniero electrónico Gustav Gerhard Kainz del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) por medio de la plataforma digital Dropbox. (Kainz, Dropbox Complemento rack, 2017) (Kainz, Dropbox, 2017)



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



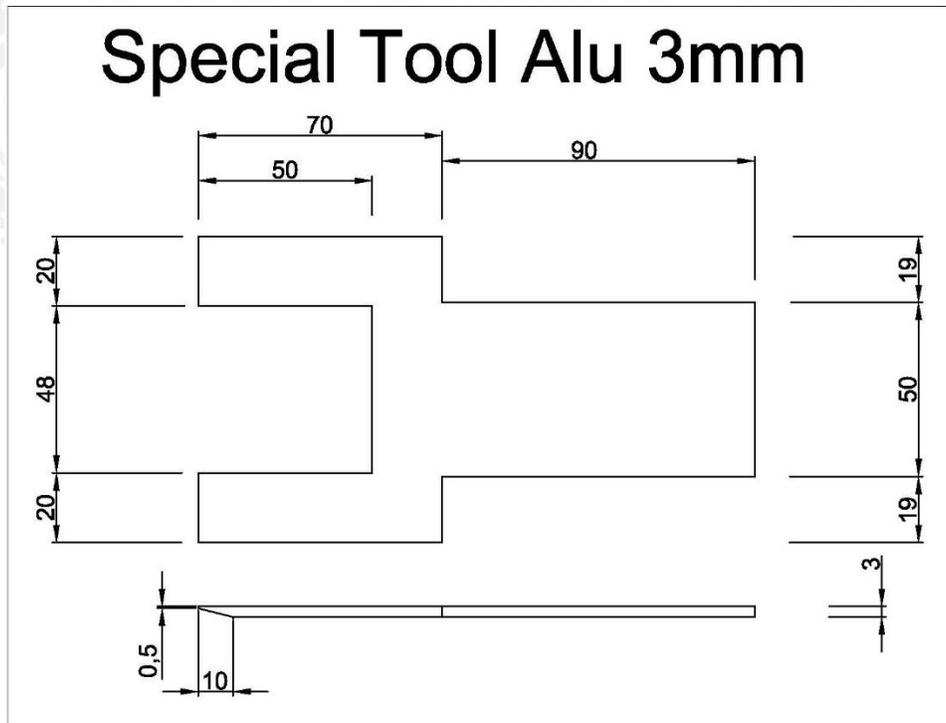
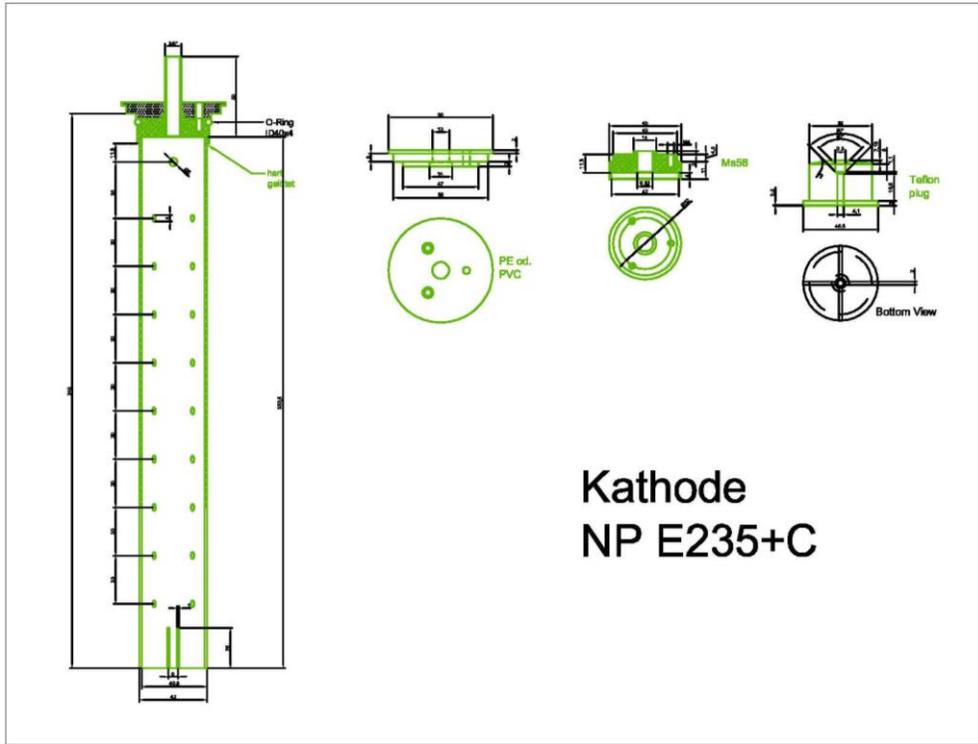
“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



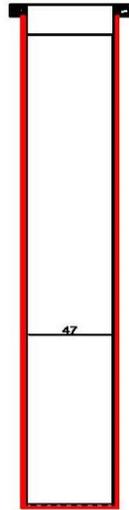
Anode

NER 1.4301

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

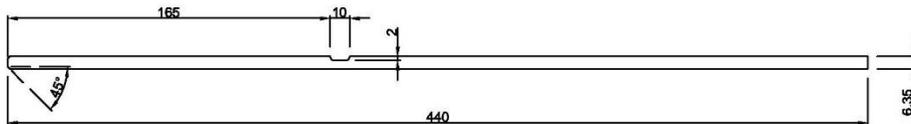


Anode

NER 1.4301

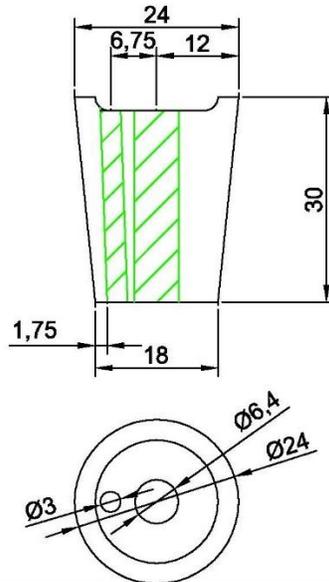
Coating only in the
red marked area

Feeding tube

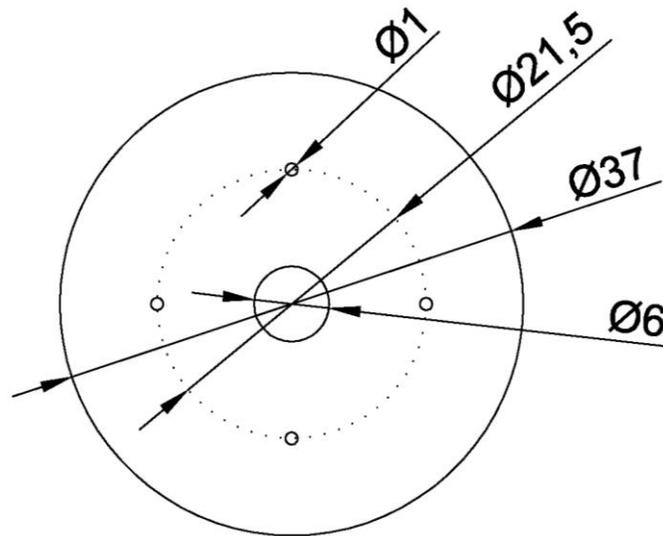


“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Stopper drilled

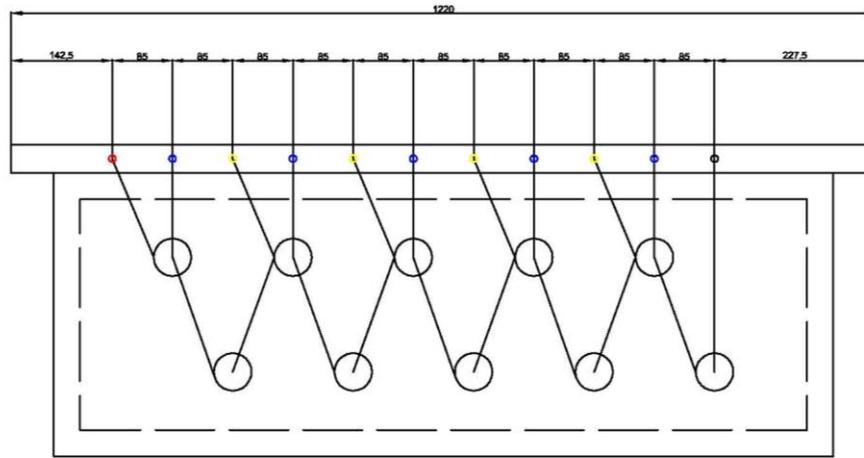


Teflon Disk 2,5mm thick



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

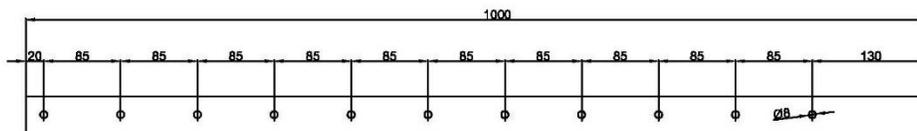
Electrical Connections 10 Cells



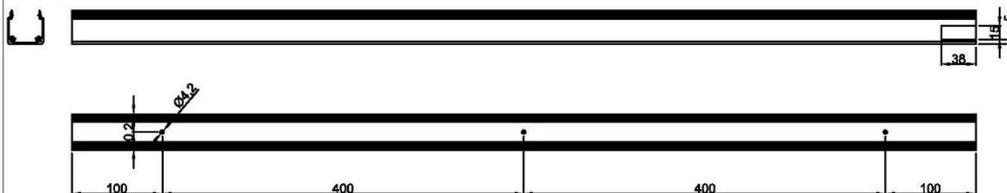
Power Supply and Measuring Channel

Cover Type: Item 7.0.001.46 Deckelprofil D40 E, natur

all Cover holes 8mm Diameter

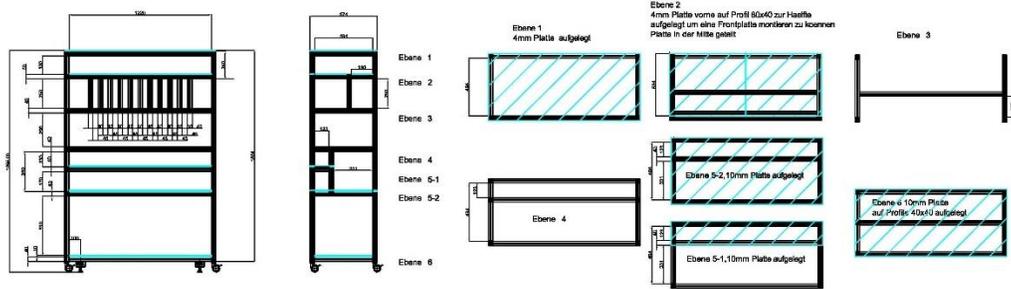


Cable Channel Type: Item 0.0.487.27 Kanalprofil U 40x40 SE, natur



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

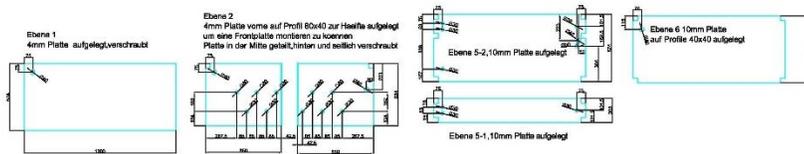
Rack Electrolysis Version 3.2



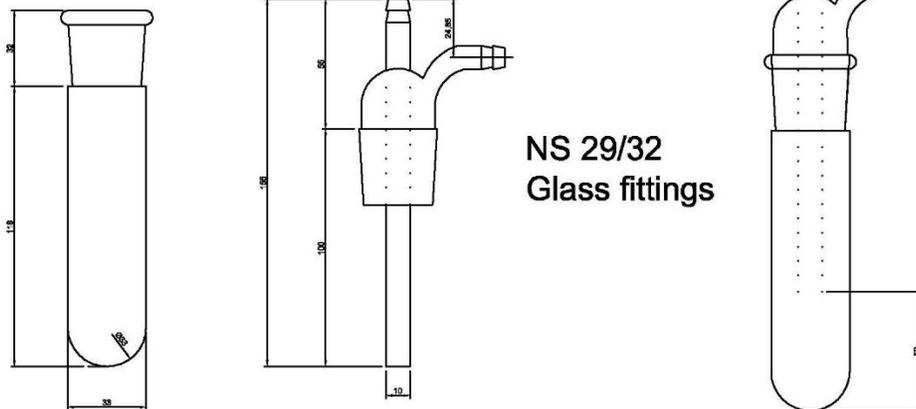
nur Automatik Verbindungen Einschraubhuelsen leicht versenkt in Profilen einzuschrauben um Profile nachtraeglich aendern zu koennen

Alle Profile 40x40 Leicht Natur nur Ebene 2 vorne 80x40

Alle Platten Vollkunststoff Blau aehnlich RAL nicht verkleben !!!

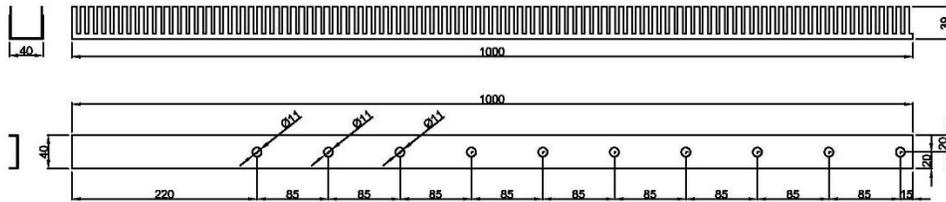


Cold Trap

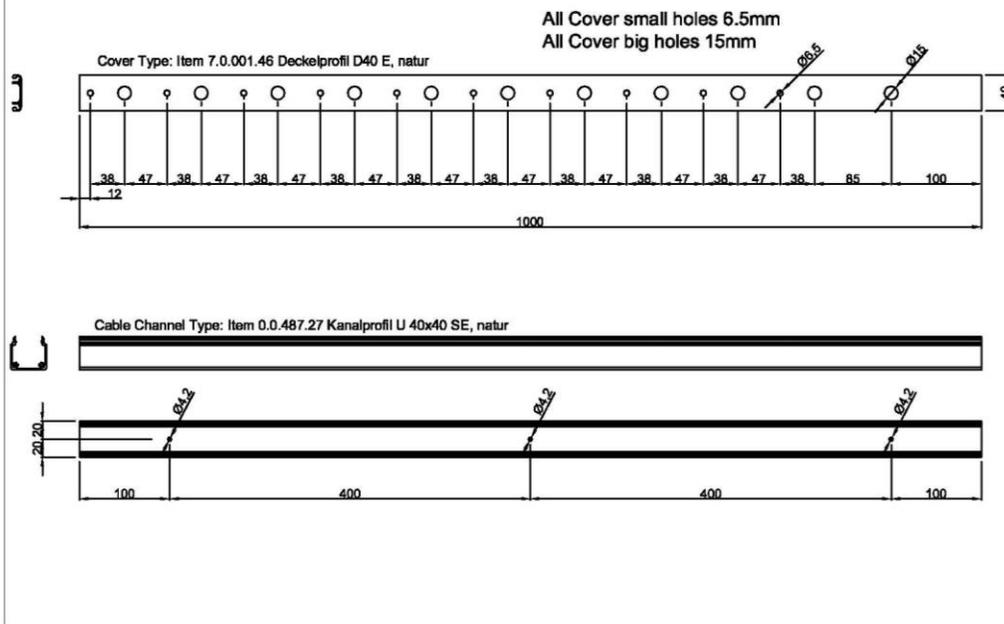


“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

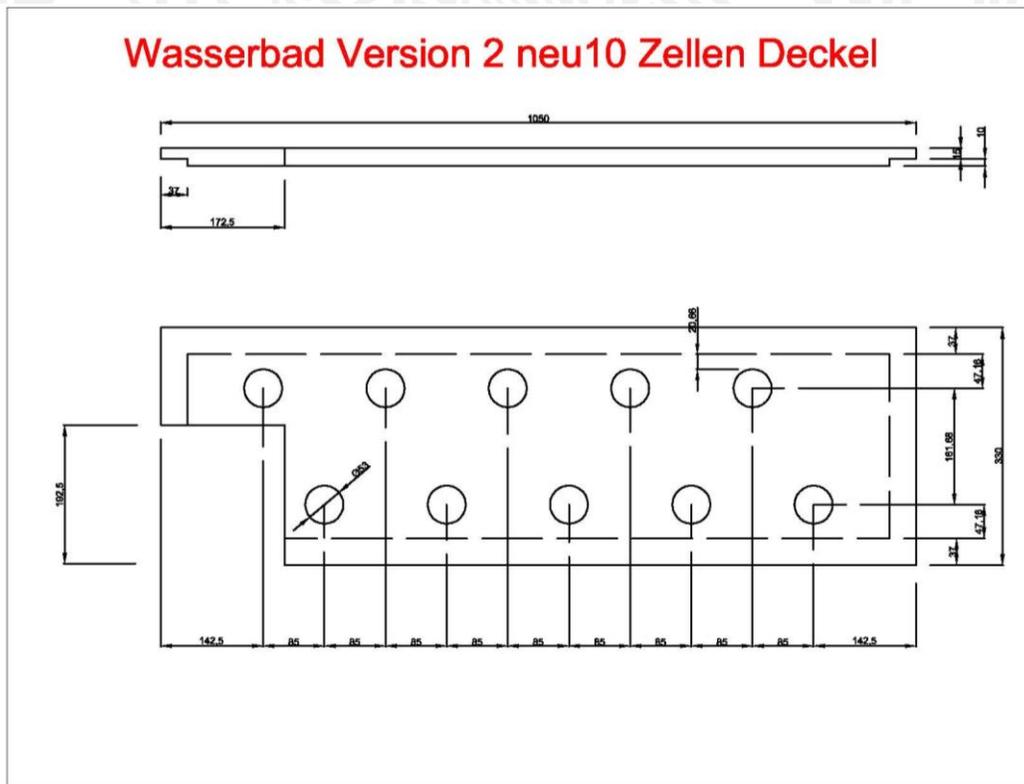
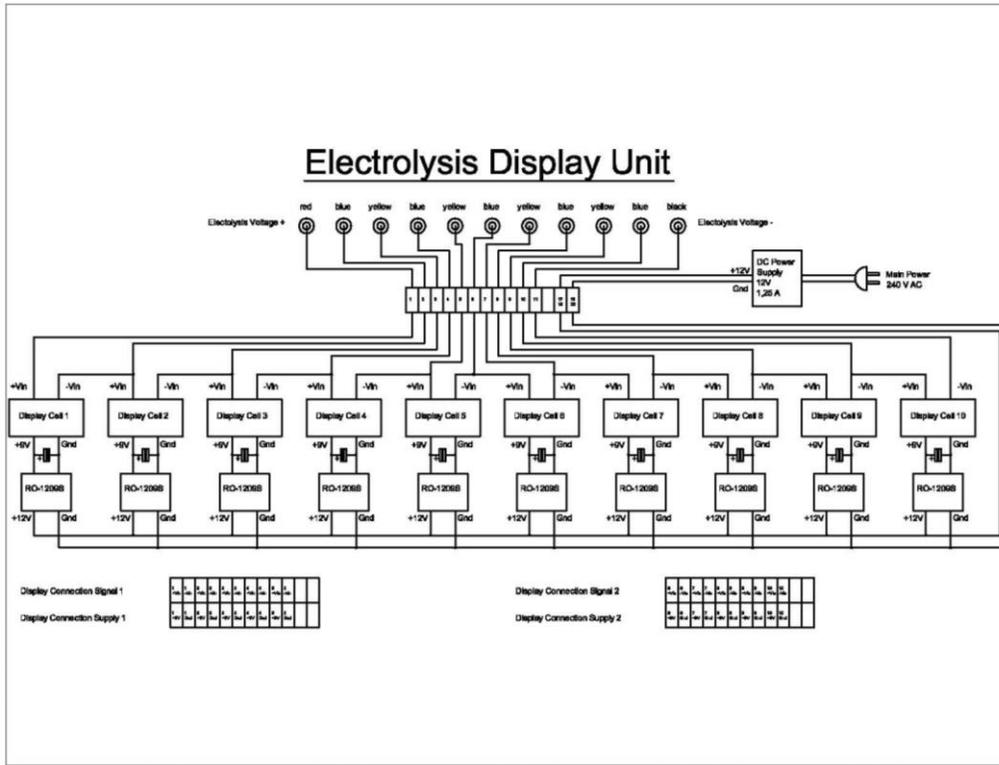
Tubing Channel PVC with Cover



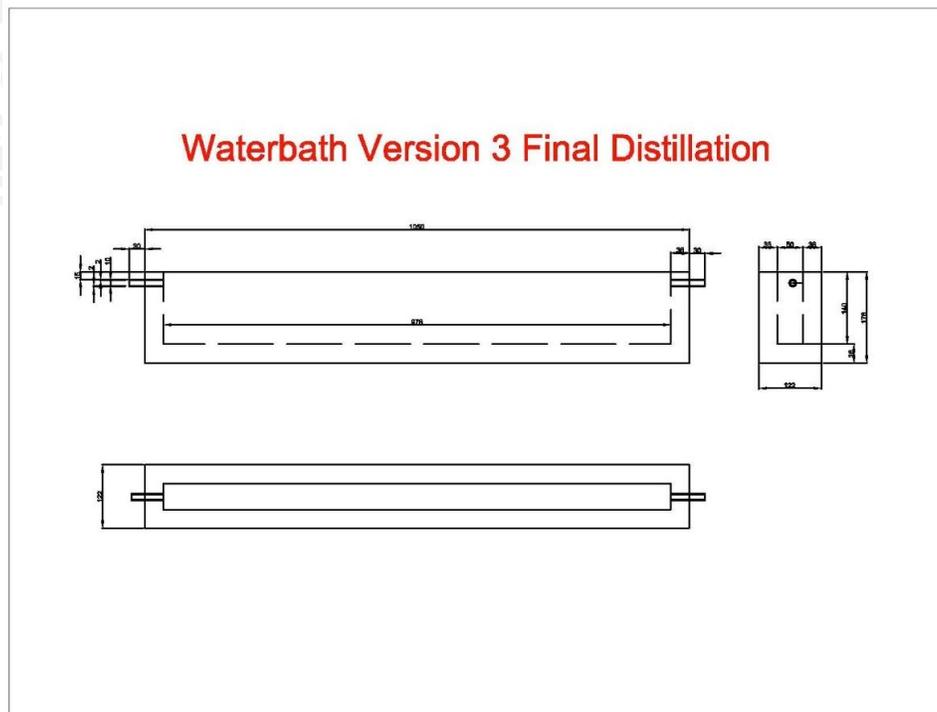
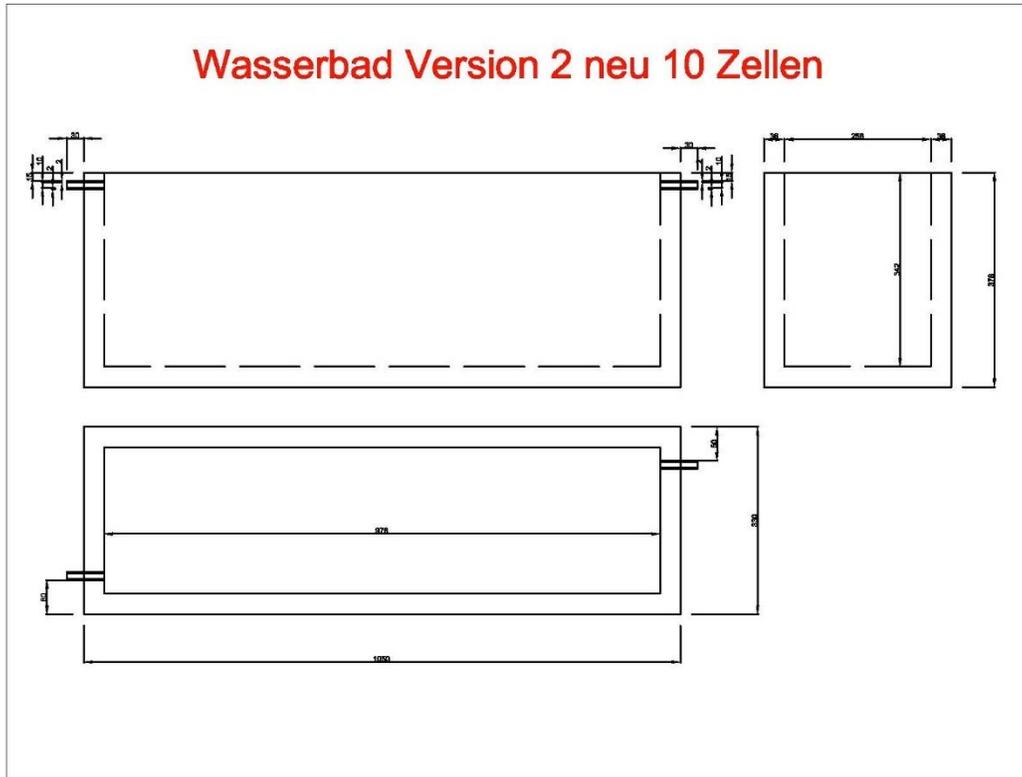
Vacuum Valve Panel



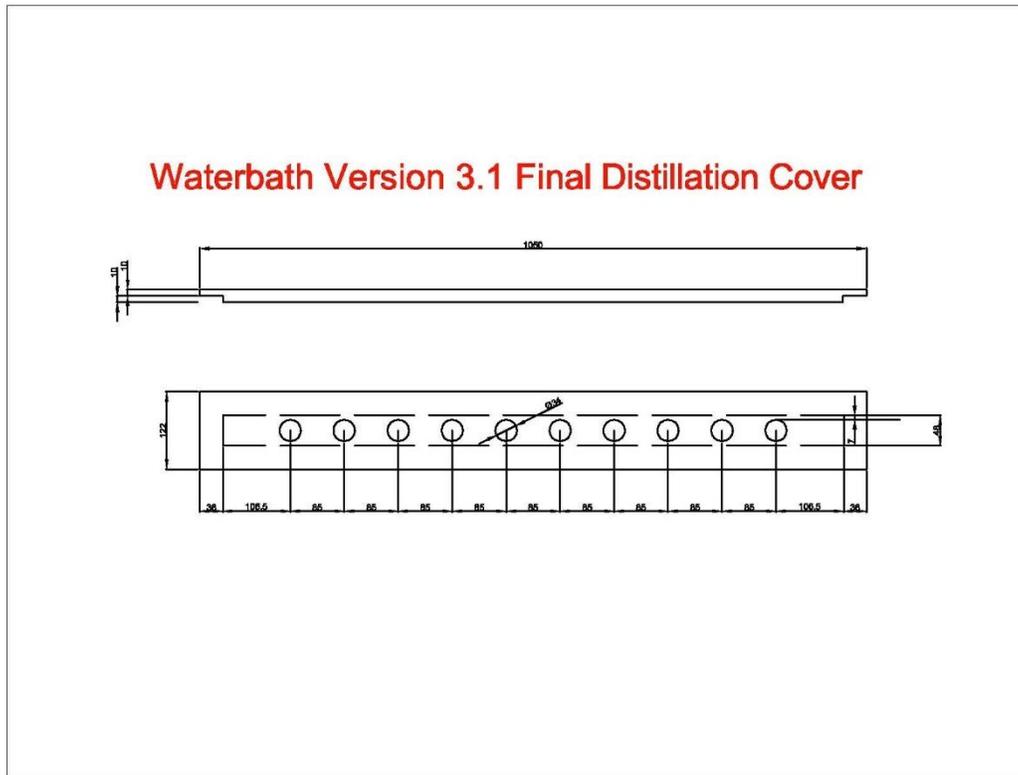
“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



5.- INSTALACIÓN EN SITIO DE 13 COLECTORES DE AGUA PLUVIAL

La instalación y puesta en operación de una Red Nacional de Monitoreo de la Composición Isotópica Estable de la Precipitación pluvial para el estudio del funcionamiento de acuíferos y el comportamiento del agua en el ciclo hidrológico, tiene como objetivo generar herramientas isotópicas e integrarlas a las bases de datos de mediciones hidrológicas. para investigar las variables que gobiernan el funcionamiento de los acuíferos y el comportamiento del agua en el ciclo hidrológico, bajo las condiciones climatológicas, orográficas y ambientales características del territorio nacional.

5.1.- Colector de agua de lluvia

El colector totalizador de la precipitación pluvial Mod. RS2 PALMEX, Figura 51, es un dispositivo auto estable, diseñado específicamente para almacenar la precipitación recogida durante semanas o incluso meses, sin evaporación y sin el fraccionamiento asociado. Contienen un tubo que conduce el agua desde la salida del embudo hacia el fondo del recipiente, con el tubo sumergido en el agua ya recogida. Un sistema de equilibrio de presión asegura el flujo desde el embudo hacia el recipiente. Por lo tanto, es especialmente adecuado para determinar la composición isotópica del agua.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 51 Colector totalizador de la precipitación pluvial, Mod. RS2 PALMEX

5.2.- Requerimientos

Las directrices para configurar el colector de agua de la precipitación pluvial, se refiere a las precauciones que se deben tomar durante el muestreo de la precipitación pluvial, para su análisis isotópico en general, ubicación y estrategias de muestreo, así como especificaciones de equipo para configurar una estación óptima.

Antes de establecer la estación para el muestreo de la precipitación, se debe evaluar el sitio y procedimientos operativos para asegurar que cumplen con los protocolos requeridos para obtener información isotópica confiable. Los principales aspectos a considerar son:

Prevención de la evaporación.

Las muestras de precipitación expuestas a la atmósfera pueden ser afectadas por procesos de evaporación y, por ende, su composición isotópica se puede alterar, dando como resultado análisis isotópicos incorrectos. La evaporación de la muestra puede ocurrir durante la recolección del agua (colector inadecuado), durante su almacenamiento (botellas con cierre no hermético) o durante su transporte o en el tiempo de espera para su análisis (evaporación a través de botellas con fisuras, tapas defectuosas o botellas mal cerradas).

Representatividad de la muestra.

Una muestra de lluvia debería representar la precipitación natural integrada en el rango de tiempo determinado. Un sitio de colocación incorrecto del colector (por ejemplo, a la sombra de una estructura o árboles) dará lugar a muestras compuestas no representativas del sitio de interés.

Aspectos de logística y seguridad.

La selección del equipo de muestreo está relacionada a menudo con la accesibilidad y disponibilidad de personal del sitio de muestreo. Para estaciones remotas o equipadas con equipos automáticos, se debe considerar la instalación de colectores totalizadores de agua de lluvia, los cuales requieren generalmente poco mantenimiento, así como realizar al menos una visita al mes. También se deben evaluar todas las condiciones de seguridad para el personal involucrado en el muestreo (amenazas naturales y humanas). Finalmente, se debe proteger el colector de animales o vandalismo.

5.3.- Instalación

Se instalaron 13 colectores de agua de la precipitación pluvial, distribuidos en los observatorios meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) dentro de las Provincias Fisiográficas de México.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

La selección del sitio para la instalación de cada colector de agua de la precipitación pluvial, plantea una relación entre la fisiografía de cada región, el tipo de precipitación y lo más representativo de esa misma región. El objetivo de esta selección de puntos representativos, para el dispositivo pluviométrico es el monitoreo isotópico del agua de lluvia. Esta relación facilita el procesamiento de la información y ayuda a generalizar aún más las condiciones del territorio nacional.

En la instalación de las 13 estaciones de monitoreo, se estableció una facilidad logística y operativa para su operación continua y a largo plazo, contemplando localidades donde es importante aportar mayores datos para el estudio de su ciclo hidrológico, así como, la sobreexplotación o subexplotación de los acuíferos que demandan una mejora en el aprovechamiento de los mismos.

El conocimiento de las fuentes de recarga de los acuíferos servirá para detallar los estudios hidrogeológicos, determinar las localidades en donde los ríos y demás cuerpos de agua superficial sufran afectaciones antropogénicas y la reevaluación de sus condiciones para su rehabilitación. La elección de las localidades dentro de urbes pobladas permite que la obtención y embalaje de las muestras no requiera de gastos extras.

Selección del sitio.

La instalación se basó en las siguientes reglas para la selección del sitio e instalación del colector de agua lluvia:

El colector puede instalarse en terreno abierto o con vegetación natural. Son aceptables áreas de pastos y con pendientes de hasta $\pm 15\%$. Sin embargo, no debería haber ningún cambio abrupto de pendiente dentro de los 30 m próximos al colector. La altura de la vegetación no deberá exceder de ~ 0.5 m.

Se debe minimizar la influencia de estructuras o edificios cercanos al colector. Como regla general, en zonas con edificios, postes, arboles etc. el colector

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

puede apartarse de dichas estructuras una distancia igual a su altura, Figura 1, proyectada sobre el colector bajo un ángulo de no más de 45° , sin embargo, en zonas con obstáculos, probar ubicar el colector a una distancia igual a dos veces su altura, Figura 52, proyectada sobre el colector bajo un ángulo de no más de 30° .

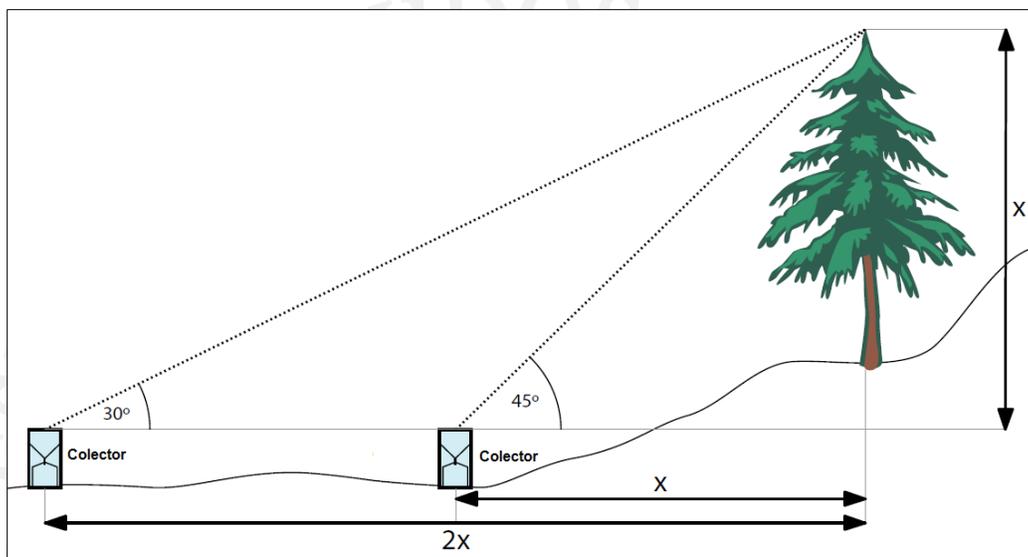


Figura 52 Ubicación de un colector minimizando la influencia de estructuras cercanas

En zonas muy despejadas, el dispositivo se debe instalar de tal manera que el orificio del embudo se encuentre a aproximadamente 30 cm por encima del suelo (para reducir las turbulencias causadas por el viento). En zonas con estructuras o vegetación, el orificio del embudo deberá encontrarse aproximadamente entre 100-120 cm por encima del suelo (para reducir los efectos adversos de las estructuras cercanas). Nivelar el colector y tratar de reducir las salpicaduras desde el poste al embudo (biselando el poste si es necesario).

Estos sitios idóneos, donde se instalaron los colectores de la precipitación pluvial, se localizarán dentro de las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Tabla 3 y Figura 53 a la Figura 103.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Tabla 3 Datos de los colectores de la precipitación pluvial.

No.	PROVINCIA DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL	PROVINCIA FISIAGRÁFICA	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	LONG. W	LAT. N	ELEV. (msnm)
1	A MEDITERRÁNEA	II LLANURA SONORENSE	MEXICALI	115°27'29.90"	32°39'59.22"	7.0
2	B DESÉRTICA	I PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA	LORETO	111°21'00"	26°00'41.00"	6.0
3	C PACÍFICO NORTE	VII LLANURA COSTERA DEL PACÍFICO	CULIACÁN	107°26'28.36"	24°38'05.86"	30.0
4	D MESETA NORTE	IV SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE	CHIHUAHUA	106°01'49.23"	28°40'14.48"	1,405.0
5	E BAJO RÍO GRANDE	VIII LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE	MONTERREY	100°16'18.04"	25°40'57.90"	494.0
6	F PACÍFICO CENTRO	III SIERRA MADRE OCCIDENTAL	DURANGO	104°36'01.65"	24°03'41.30"	1,882.0
7	G MESETA CENTRO	X EJE NEOVOLCÁNICO	QUERÉTARO	100°22'10.33"	20°33'48.69"	1,092.0
8	H GOLFO CENTRO	XIII LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR	VERACRUZ	096°06'34.85"	19°08'03.85"	15.0
9	I PACÍFICO SUR	XII SIERRA MADRE DEL SUR	CHILPANCINGO	099°30'50.42"	17°34'18.49"	1,270.0
10	J MESETA SUR	X EJE NEOVOLCÁNICO	TACUBAYA	099°11'48.03"	19°24'13.51"	2,322.0
11	K GOLFO SUR	XIII LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR	VILLAHERMOSA	092°55'16.82"	17°58'51.54"	4.6
12	L GOLFO DE TEHUANTEPEC	XIV SIERRAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA	TUXTLA GUTIÉRREZ	093°08'50.76"	16°45'46.87"	577.0
13	M PENÍNSULA DE YUCATÁN	XI PENÍNSULA DE YUCATÁN	MÉRIDA	089°39'07.86"	20°56'48.60"	12.0

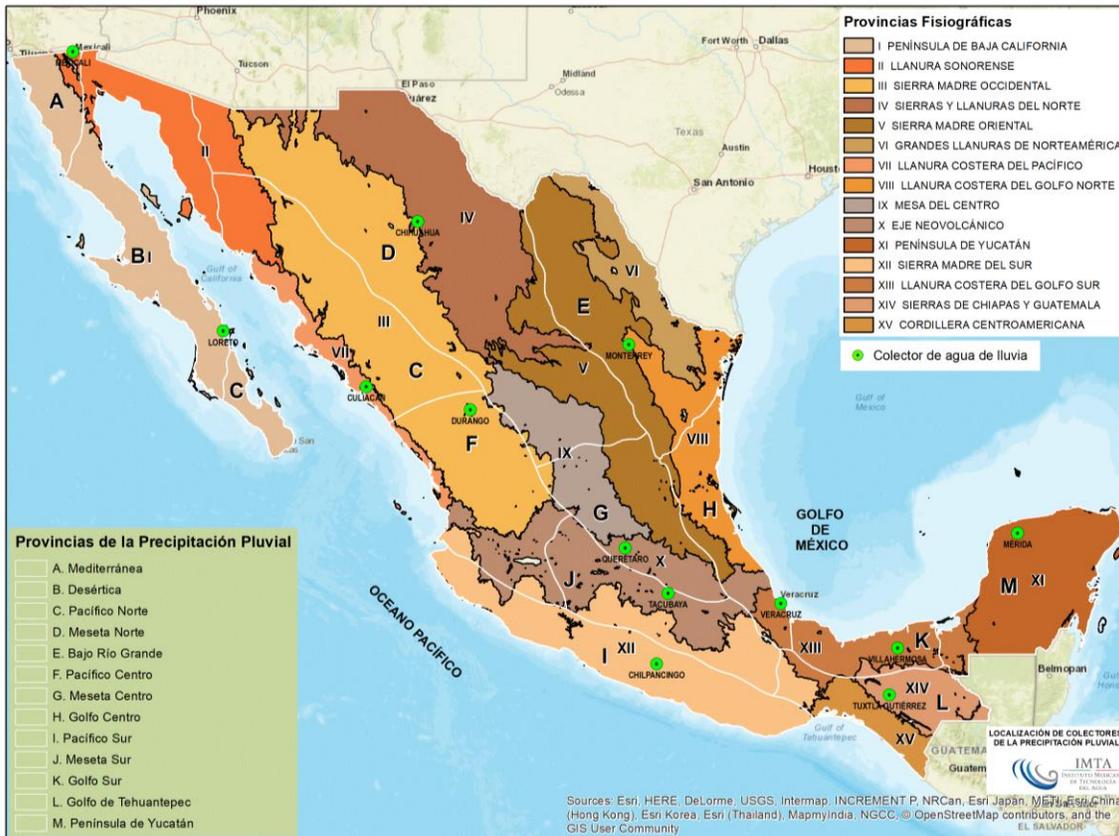


Figura 53 Localización de colectores totalizadores de agua de lluvia instalados.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 54 Provincia Fisiográfica Península de Baja California.

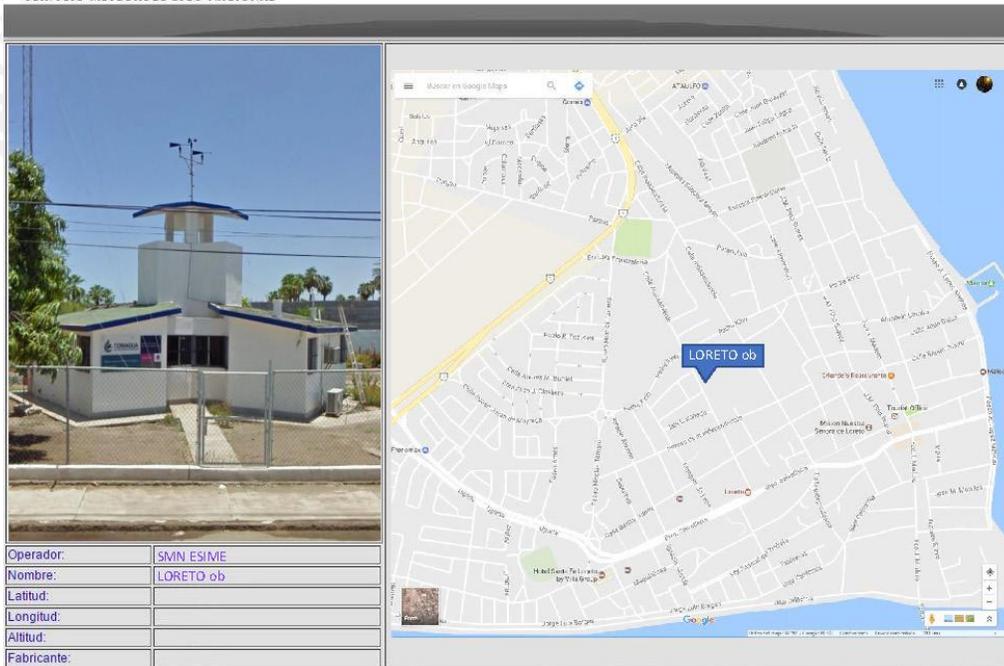


Figura 55 Loreto.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 56 Colector de lluvia en el Observatorio de Loreto.



Figura 57 Colector de lluvia en el Observatorio de Loreto.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

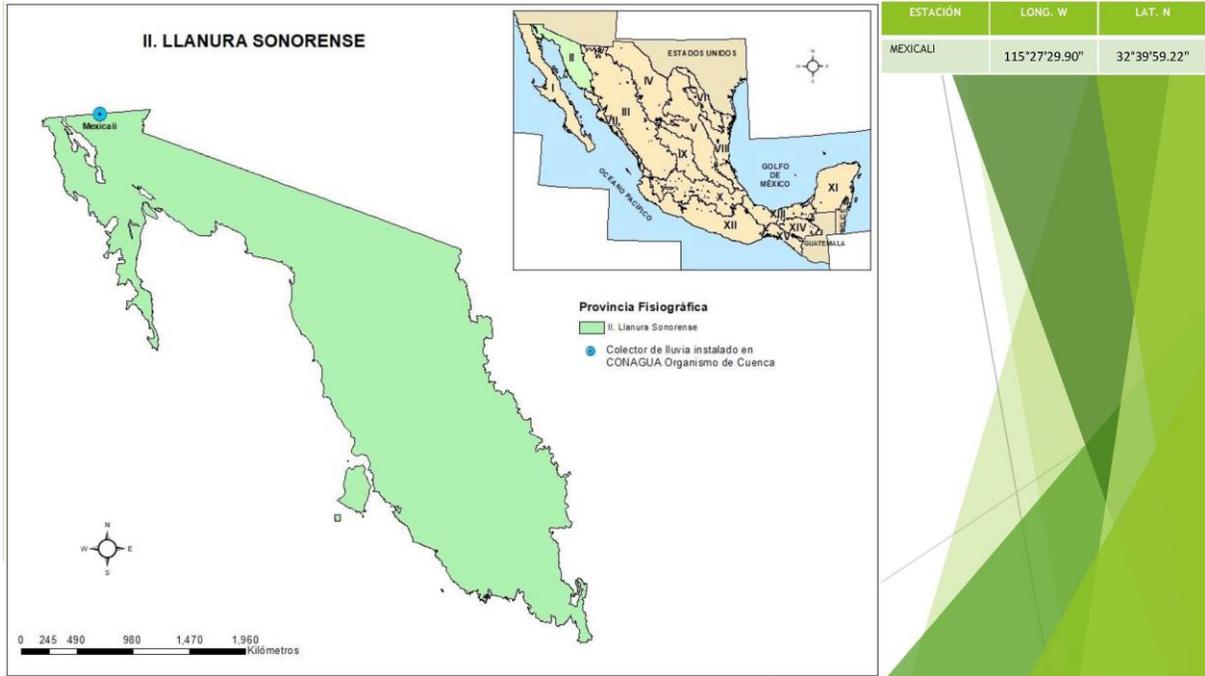


Figura 58 Provincia Fisiográfica Llanura Sonorense.

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

smn.conagua.gob.mx

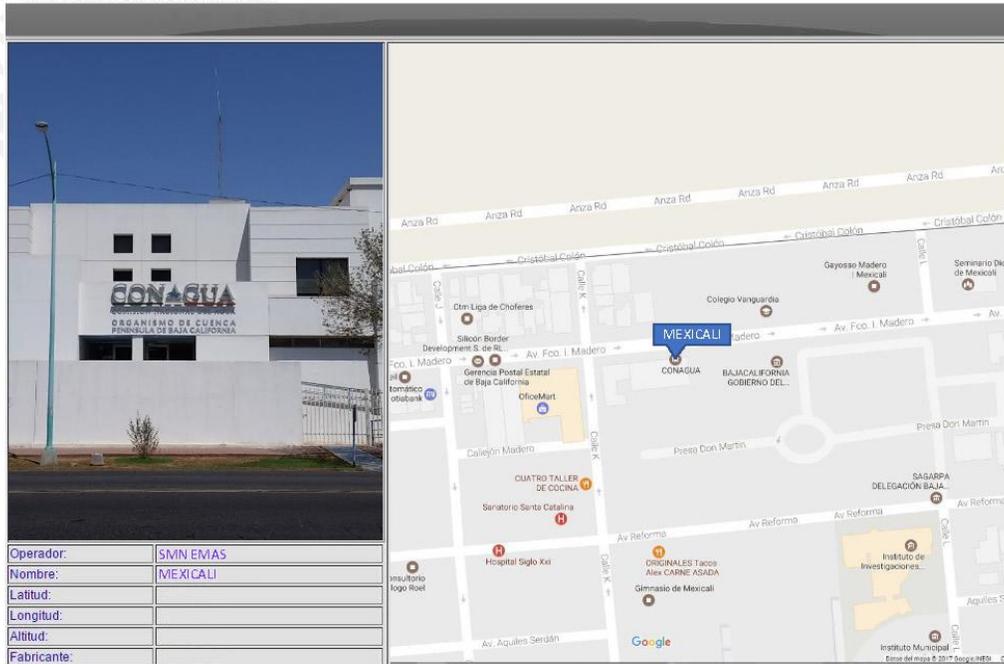


Figura 59 Mexicali.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 60 Colector de lluvia en el OCPBC, Mexicali.



Figura 61 Colector de lluvia en el OCPBC, Mexicali.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 62 Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental.

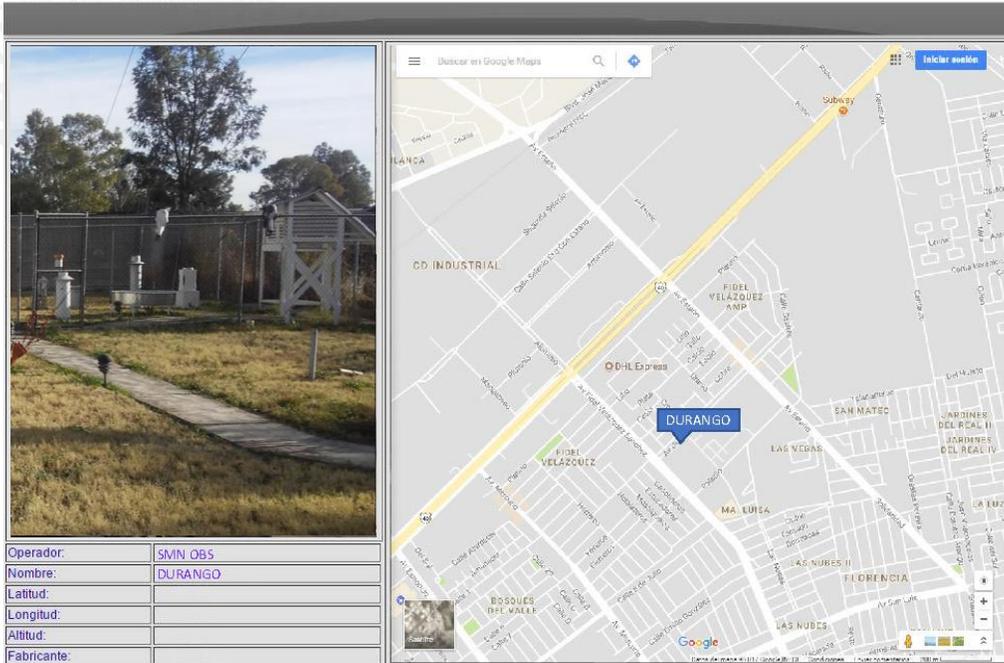


Figura 63 Durango.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 64 Colector de lluvia en el Observatorio de Durango.



Figura 65 Colector de lluvia en el Observatorio de Durango.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

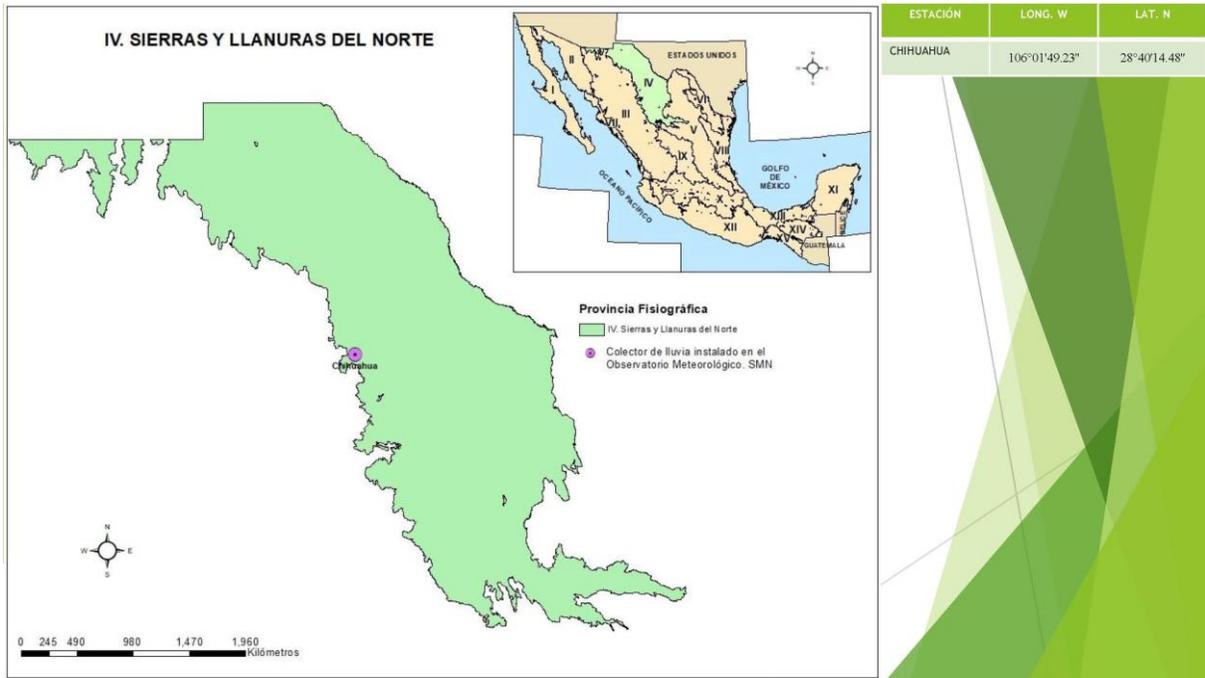


Figura 66 Provincia Fisiográfica Sierras y Llanuras del Norte.



Figura 67 Chihuahua.

Paseo Cuahnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 68 Colector de lluvia en el Observatorio de Chihuahua.



Figura 69 Colector de lluvia en el Observatorio de Chihuahua.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

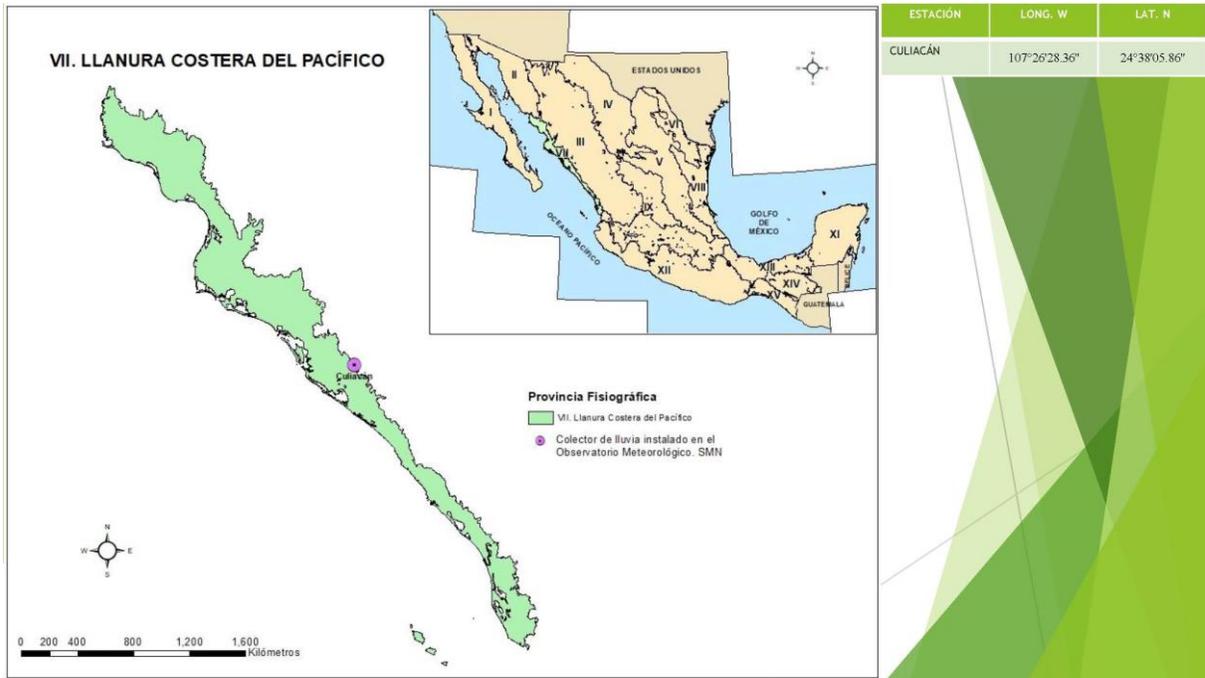


Figura 70 Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Pacífico.



Figura 71 Culiacán.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 72 Colector de lluvia en el Observatorio de Culiacán.



Figura 73 Colector de lluvia en el Observatorio de Culiacán.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

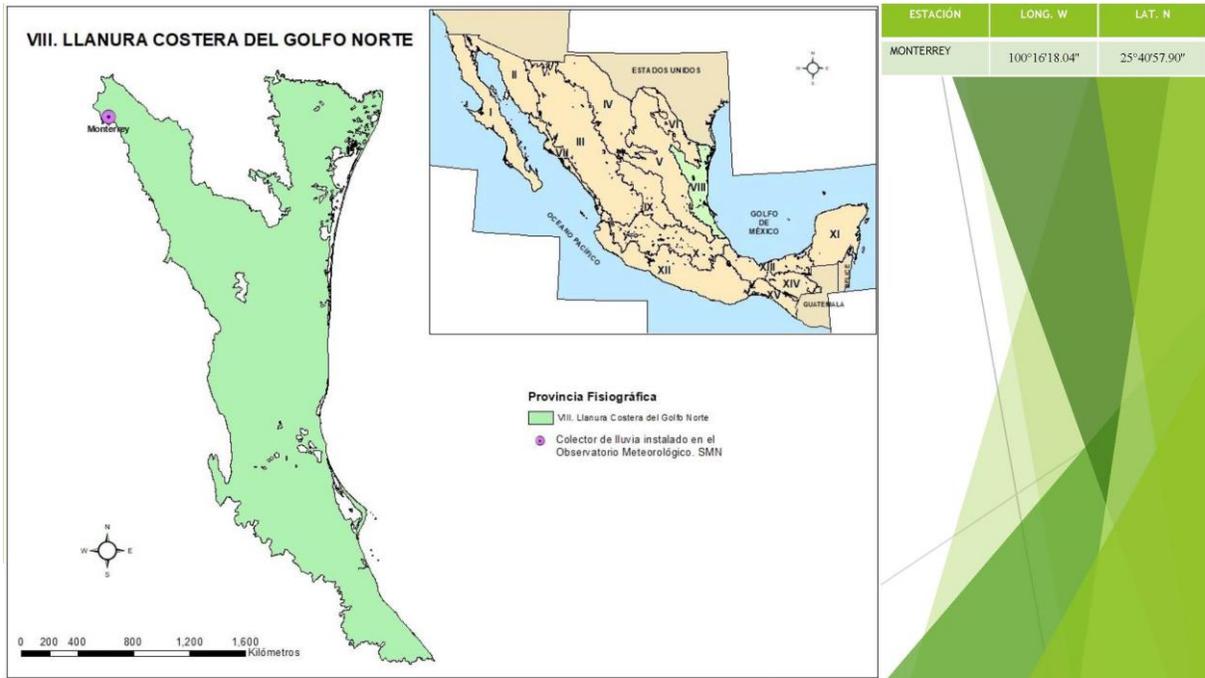


Figura 74 Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Gofu Norte.

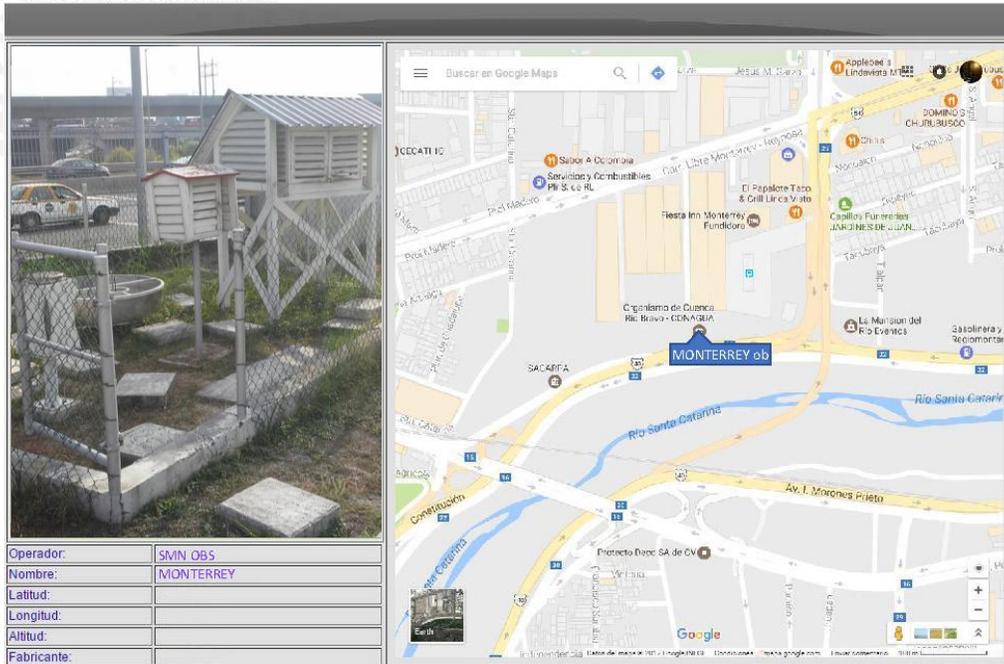


Figura 75 Monterrey.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 76 Colector de lluvia en el Observatorio de Monterrey.



Figura 77 Colector de lluvia en el Observatorio de Monterrey.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 78 Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico.

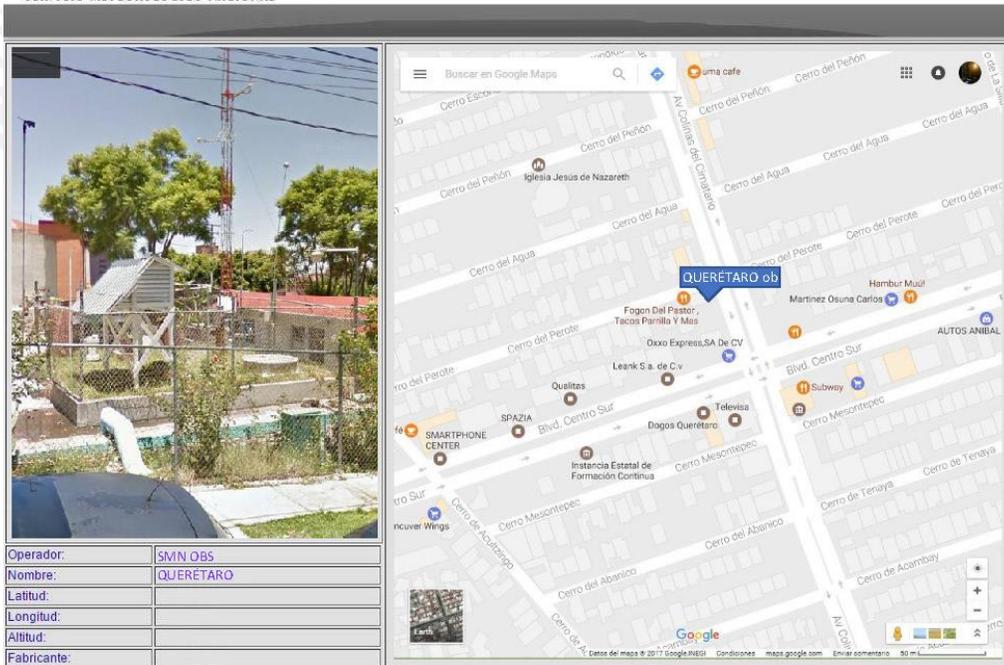


Figura 79 Querétaro.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 80 Colector de lluvia en el Observatorio de Querétaro.



Figura 81 Colector de lluvia en el Observatorio de Querétaro.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

smn.conagua.gob.mx

Operador:	SMN ESIME
Nombre:	TACUBAYA
Latitud:	19°24'13"
Longitud:	99°11'46"
Altitud:	2308
Fabricante:	FTS

Figura 82 CDMX, Tacubaya.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 83 Colector de lluvia en el Observatorio de la CDMX, Tacubaya.



Figura 84 Colector de lluvia en el Observatorio de la CDMX, Tacubaya.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

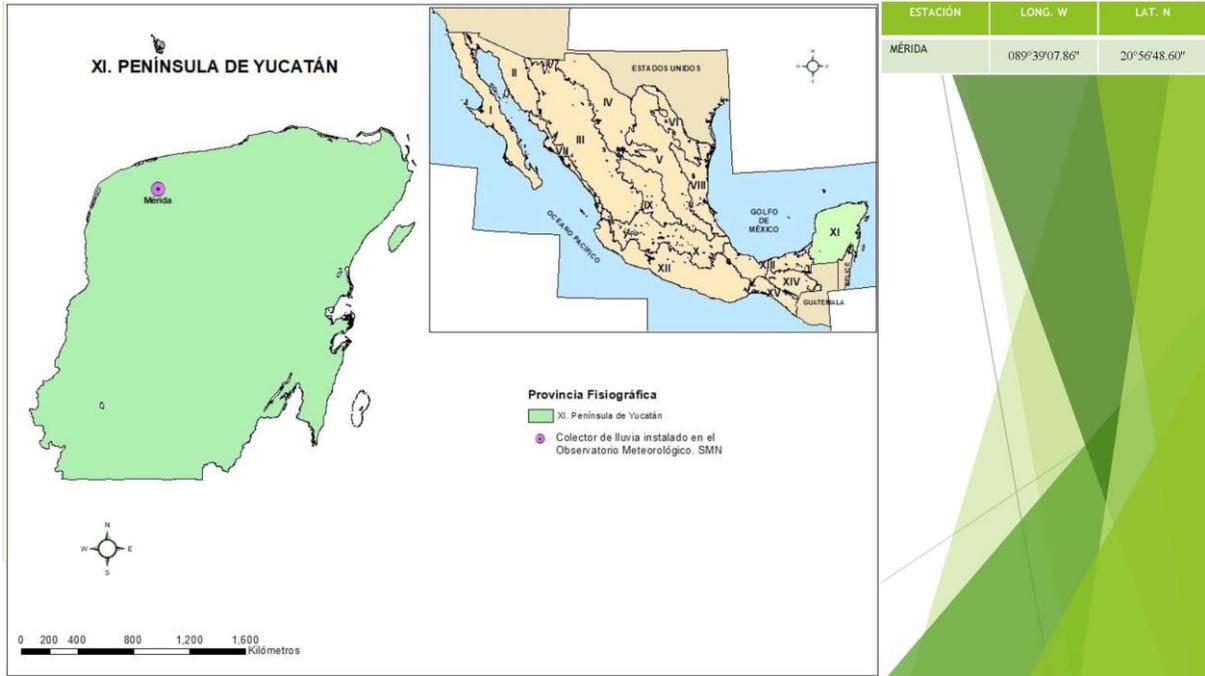


Figura 85 Provincia Fisiográfica Península de Yucatán.

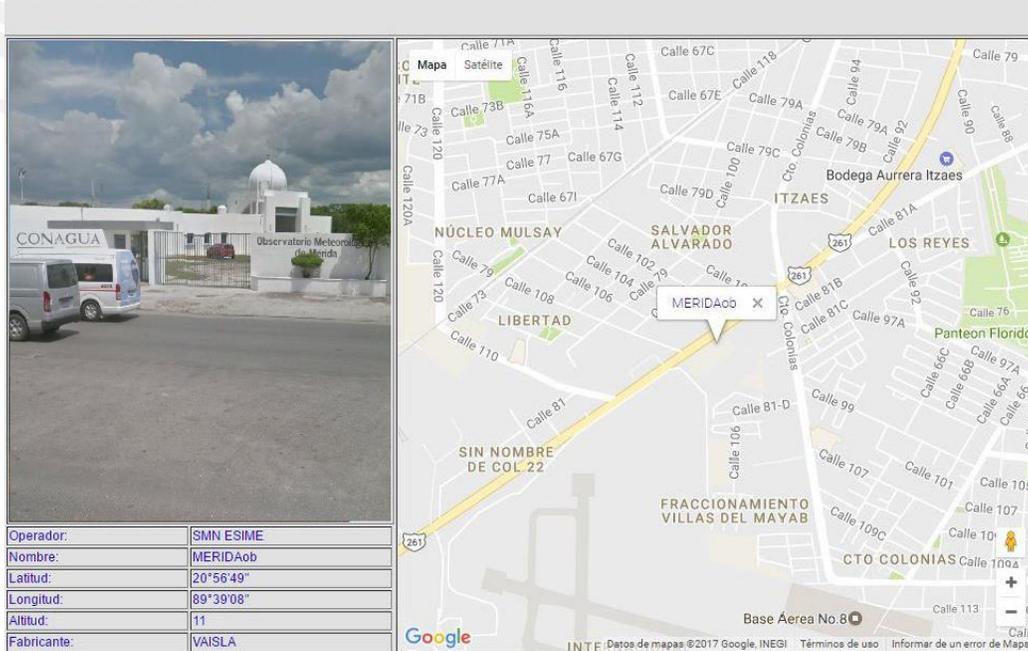


Figura 86 Mérida.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 87 Colector de lluvia en el Observatorio de Mérida.



Figura 88 Colector de lluvia en el Observatorio de Mérida.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 89 Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur.

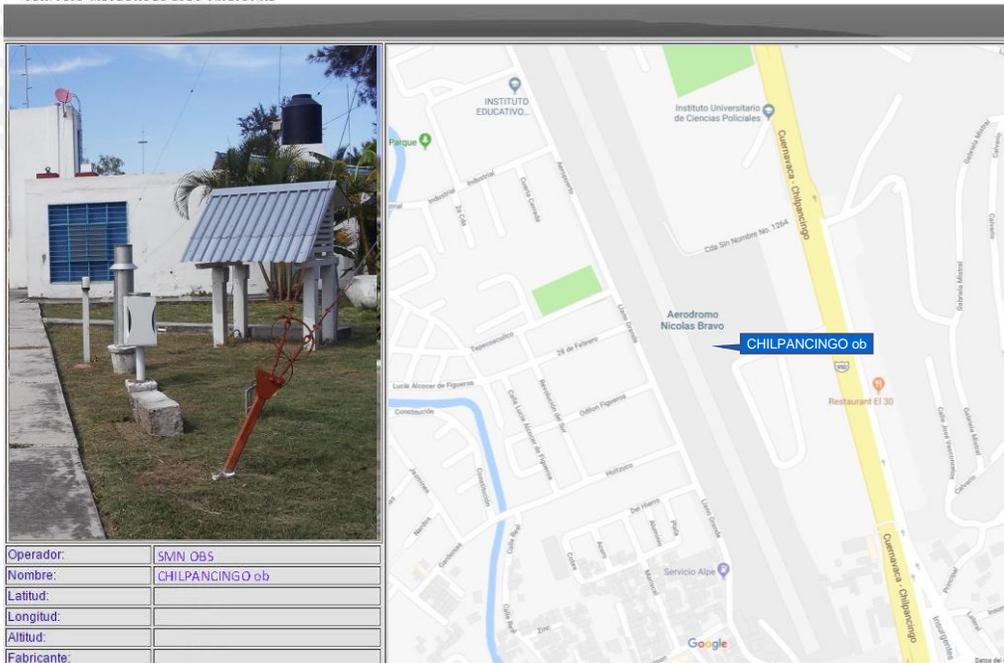


Figura 90 Chilpancingo.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 91 Colector de lluvia en el Observatorio de Chilpancingo.



Figura 92 Colector de lluvia en el Observatorio de Chilpancingo.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

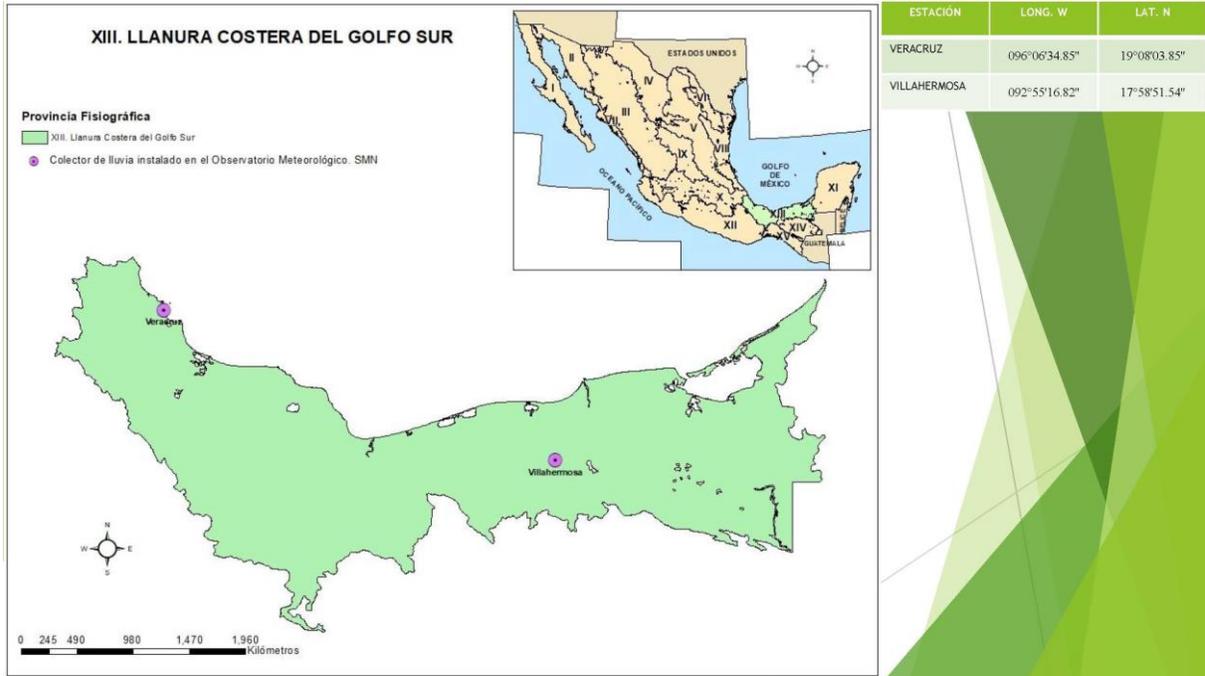


Figura 93 Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur.



Figura 94 Veracruz.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 95 Colector de lluvia en el Observatorio de Veracruz.



Figura 96 Colector de lluvia en el Observatorio de Veracruz.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

smn.conagua.gob.mx

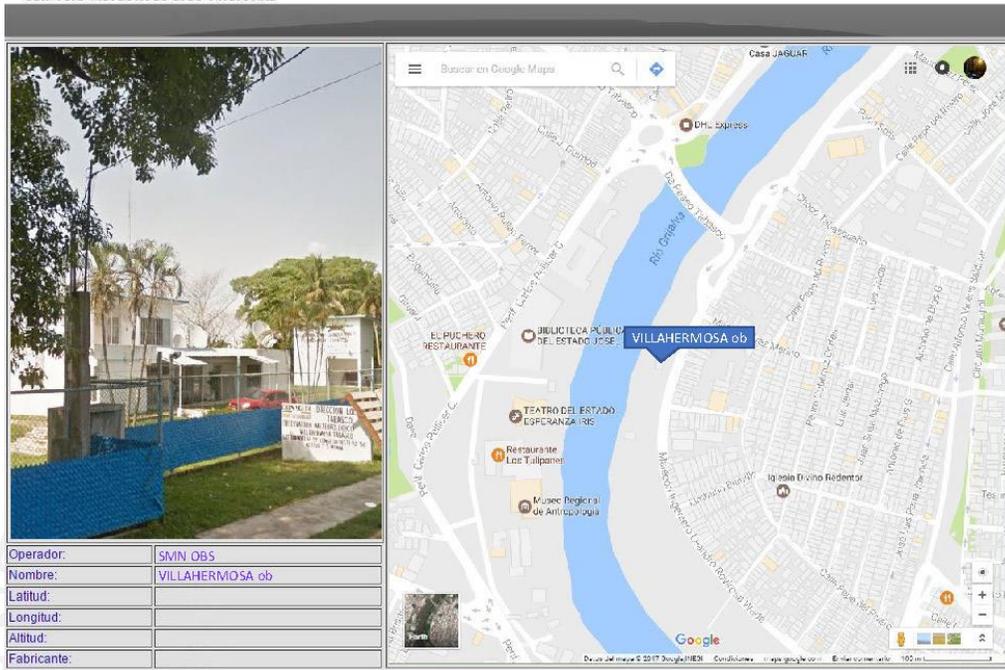


Figura 97 Villahermosa.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 98 Colector de lluvia en el Observatorio de Villahermosa.



Figura 99 Colector de lluvia en el Observatorio de Villahermosa.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 100 Provincia Fisiográfica Sierras de Chiapas y Guatemala.

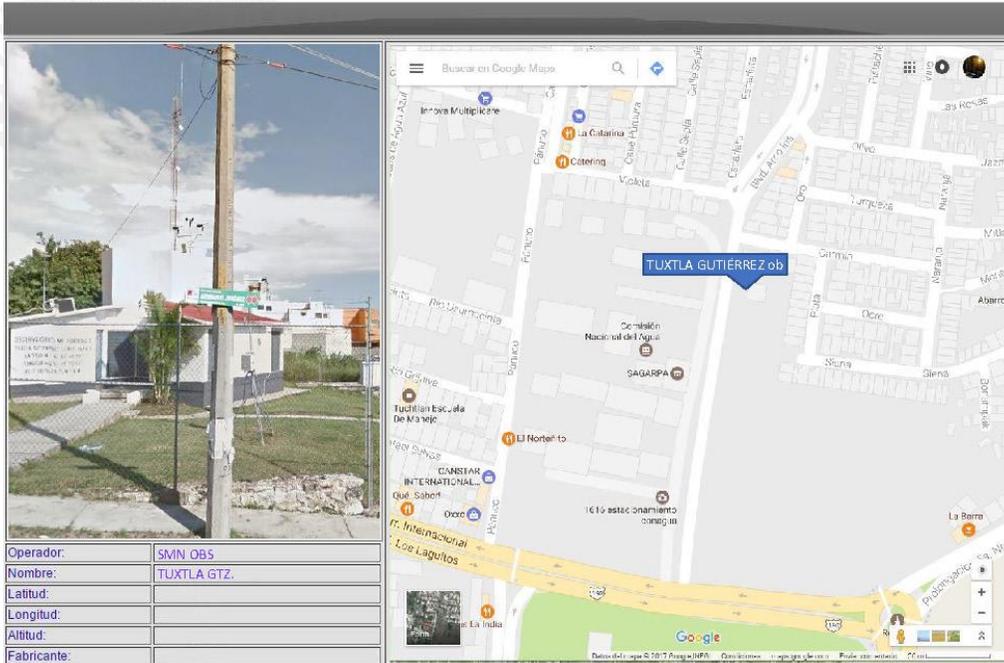


Figura 101 Tuxtla Gutiérrez.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 102 Colector de lluvia en el Observatorio de Tuxtla Gutiérrez.

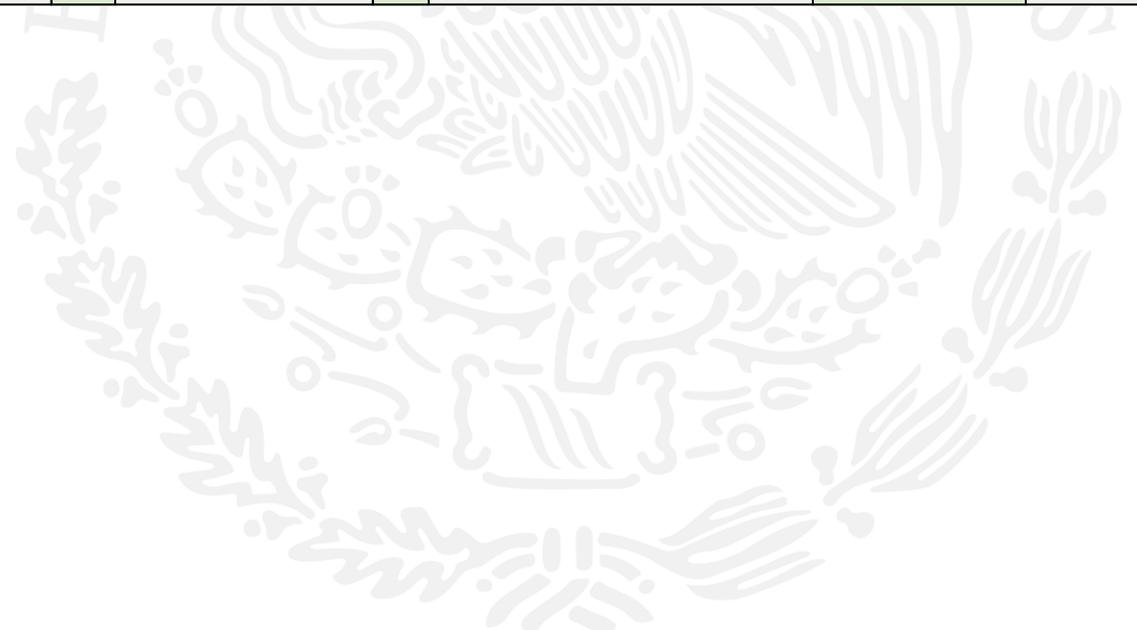


Figura 103 Colector de lluvia en el Observatorio de Tuxtla Gutiérrez.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Tabla 4 Identificación de colectores de lluvia instalados en la Red Nacional de Isótopos de la Precipitación (RENIP).

No.	PROVINCIA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL		PROVINCIA FISIAGRÁFICA		ESTACIÓN METEOROLÓGICA	NÚM. DE SERIE DEL COLECTOR PALMEX MOD. RS2
1	A	MEDITERRÁNEA	II	LLANURA SONORENSE	MEXICALI	3161/17
2	B	DESÉRTICA	I	PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA	LORETO	3162/17
3	C	PACÍFICO NORTE	VII	LLANURA COSTERA DEL PACÍFICO	CULIACÁN	3160/17
4	D	MESETA NORTE	IV	SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE	CHIHUAHUA	3158/17
5	E	BAJO RÍO GRANDE	VIII	LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE	MONTERREY	3157/17
6	F	PACÍFICO CENTRO	III	SIERRA MADRE OCCIDENTAL	DURANGO	3159/17
7	G	MESETA CENTRO	X	EJE NEOVOLCÁNICO	QUERÉTARO	3156/17
8	H	GOLFO CENTRO	XIII	LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR	VERACRUZ	3152/17
9	I	PACÍFICO SUR	XII	SIERRA MADRE DEL SUR	CHILPANCINGO	3155/17
10	J	MESETA SUR	X	EJE NEOVOLCÁNICO	TACUBAYA	3151/17
11	K	GOLFO SUR	XIII	LLANURA COSTERA DEL GOLFO SUR	VILLAHERMOSA	3153/17
12	L	GOLFO DE TEHUANTEPEC	XIV	SIERRAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA	TUXTLA GUTIÉRREZ	3154/17
13	M	PENÍNSULA DE YUCATÁN	XI	PENÍNSULA DE YUCATÁN	MÉRIDA	3163/17



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

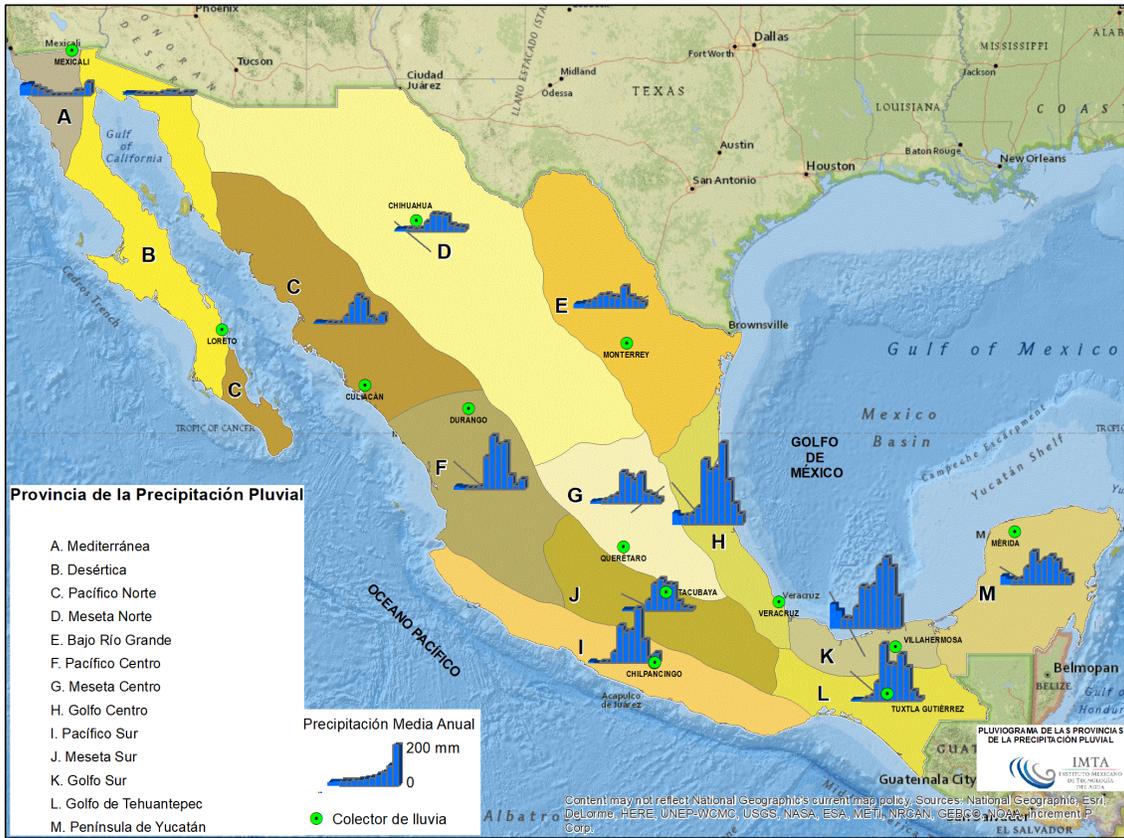


Figura 104 Precipitación Media Anual de las Provincias de la Precipitación Pluvial (Page 1929)

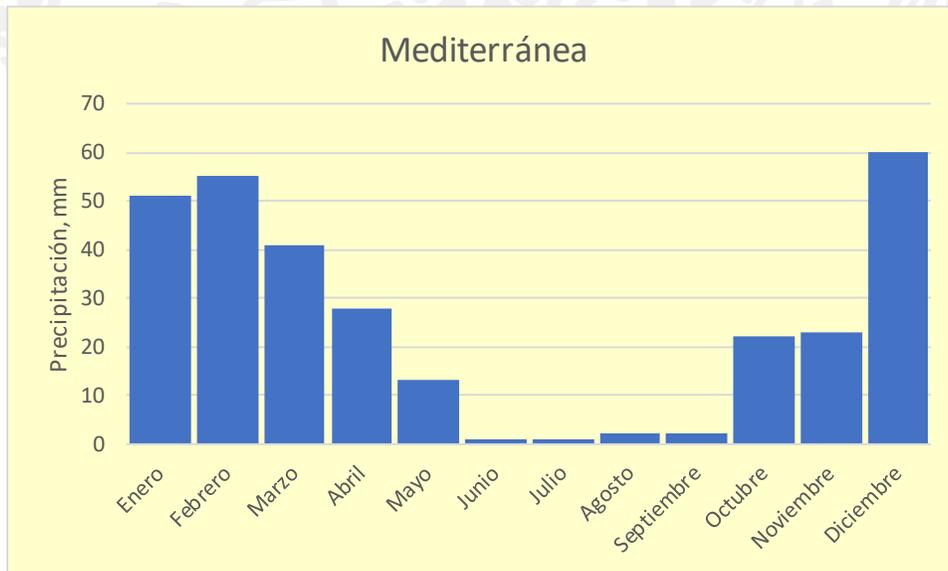


Figura 105 Precipitación Media Anual. Provincia Mediterránea. (Page 1929)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

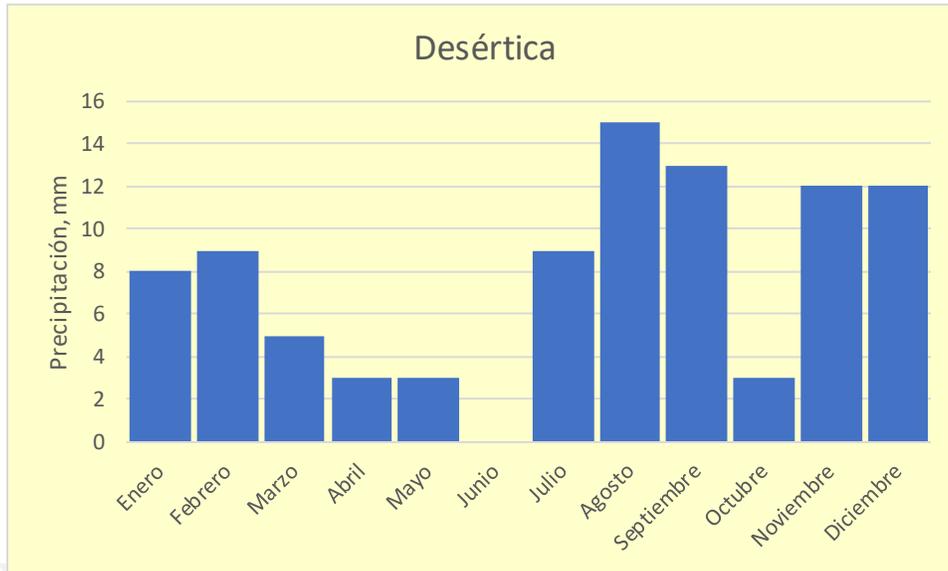


Figura 106 Precipitación Media Anual. Provincia Desértica. (Page 1929)

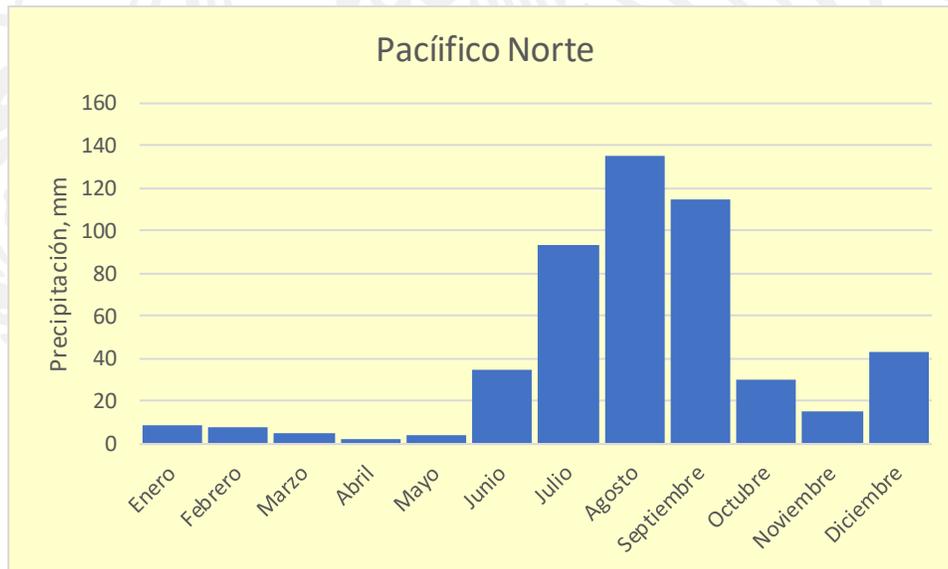


Figura 107 Precipitación Media Anual. Provincia Pacífico Norte. (Page 1929)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

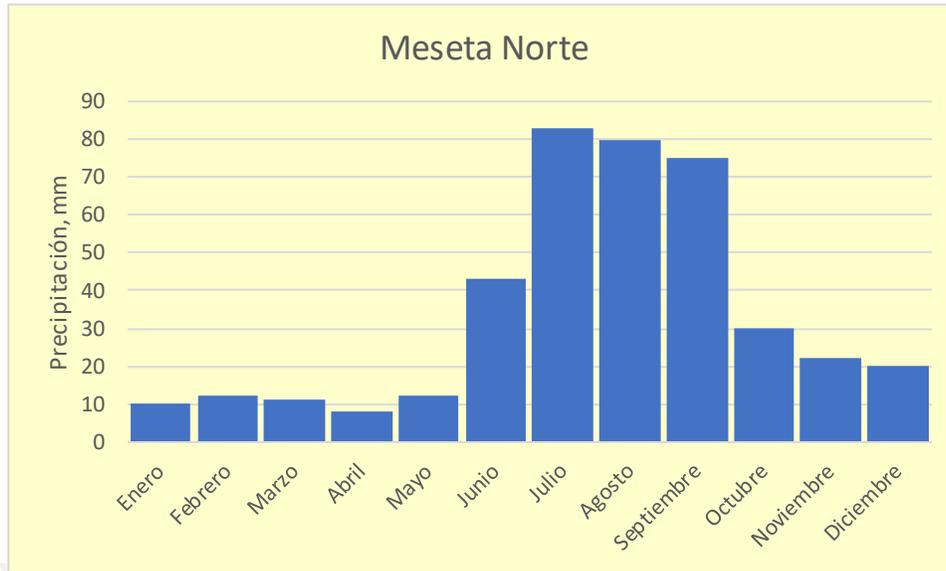


Figura 108 Precipitación Media Anual. Provincia Meseta Norte. (Page 1929)

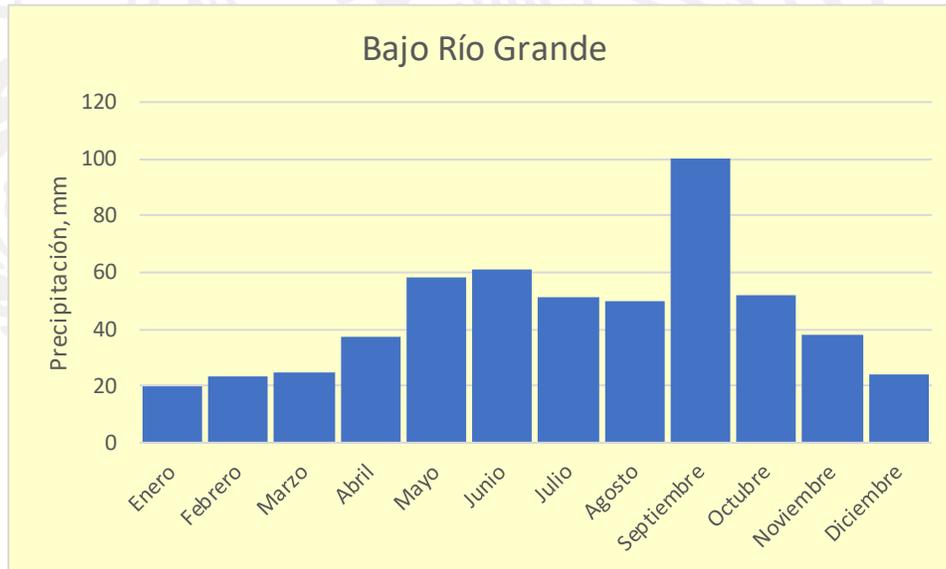


Figura 109 Precipitación Media Anual. Provincia Bajo Río Grande. (Page 1929)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

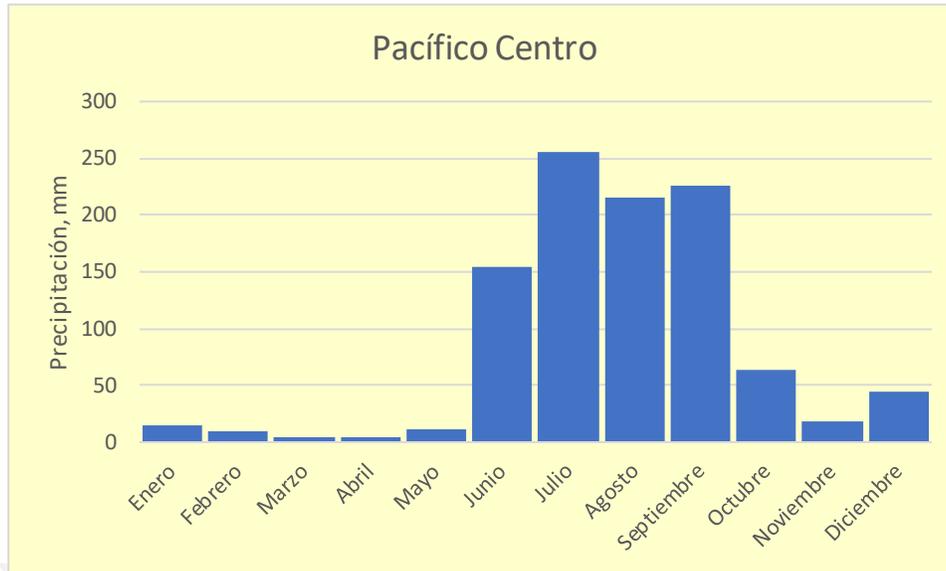


Figura 110 Precipitación Media Anual. Provincia Pacífico Centro. (Page 1929)

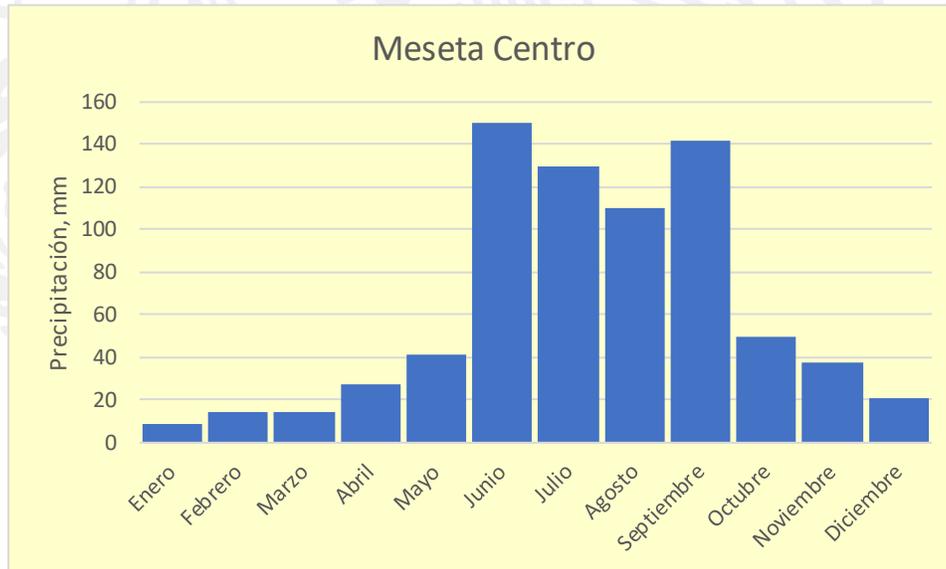


Figura 111 Precipitación Media Anual. Provincia Meseta Centro. (Page 1929)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

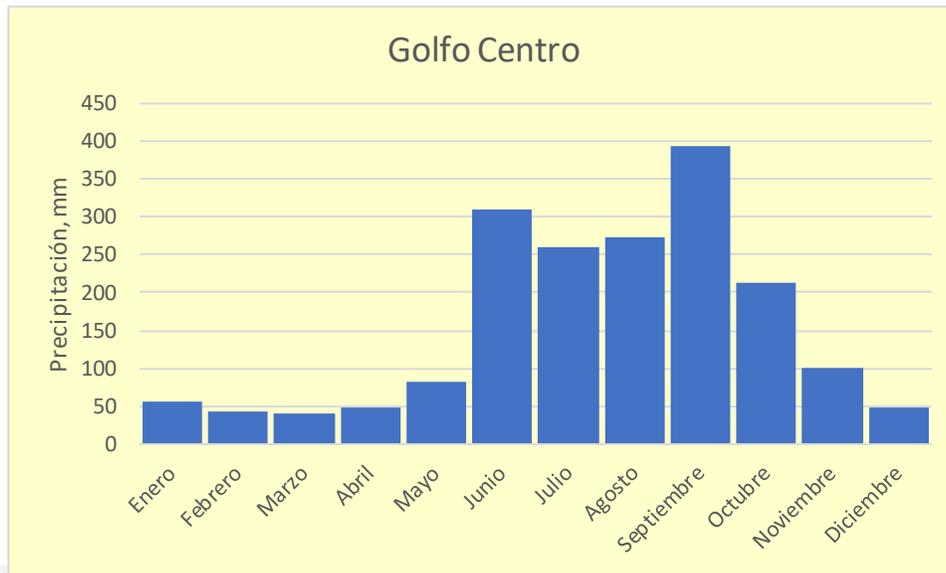


Figura 112 Precipitación Media Anual. Provincia Golfo Centro. (Page 1929)

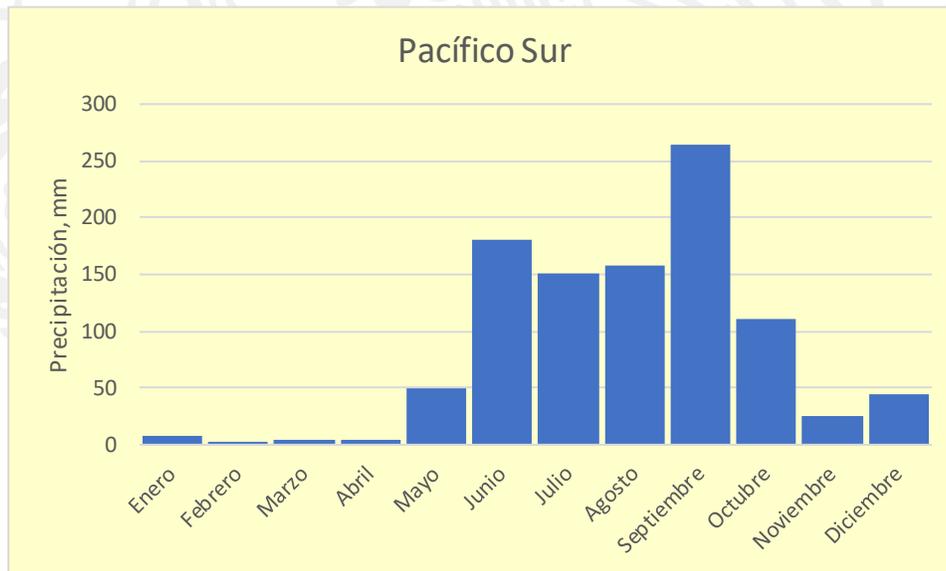


Figura 113 Precipitación Media Anual. Provincia Pacífico Sur. (Page 1929)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

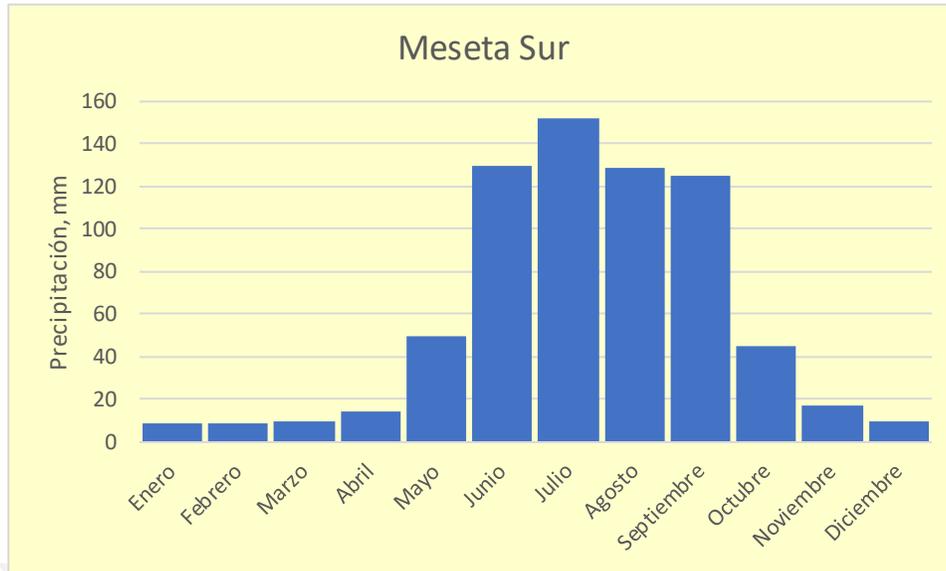


Figura 114 Precipitación Media Anual. Provincia Meseta Sur. (Page 1929)

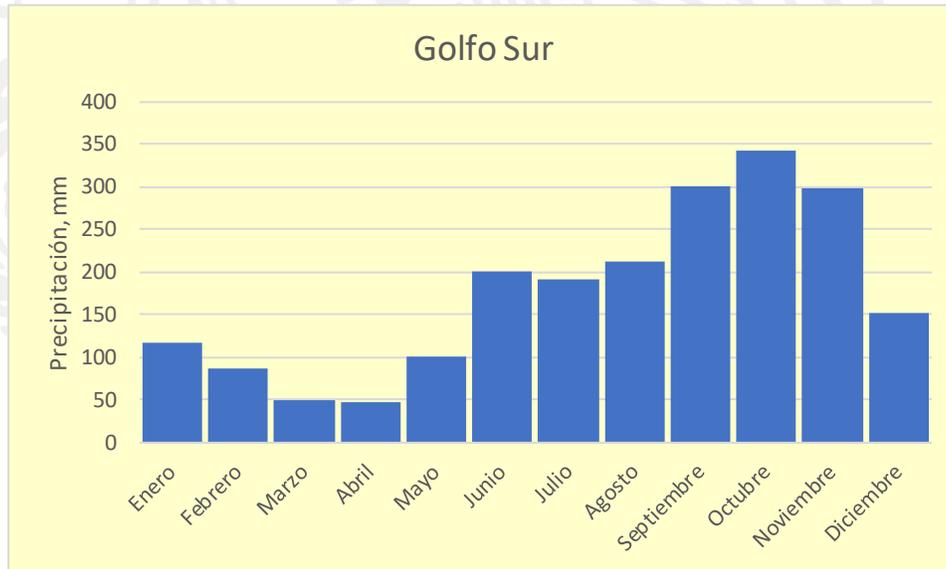


Figura 115 Precipitación Media Anual. Provincia Golfo Sur. (Page 1929)

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

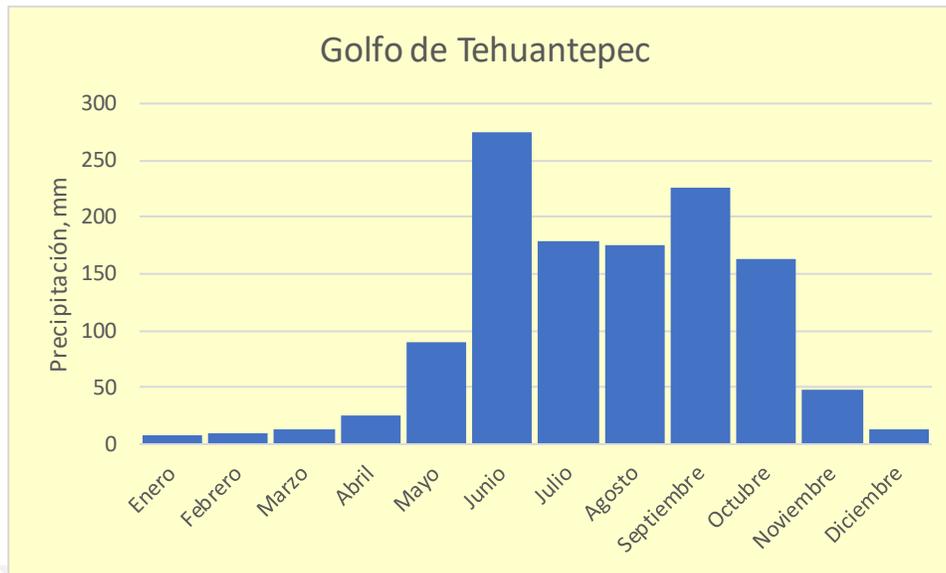


Figura 116 Precipitación Media Anual. Provincia Golfo de Tehuantepec. (Page 1929)

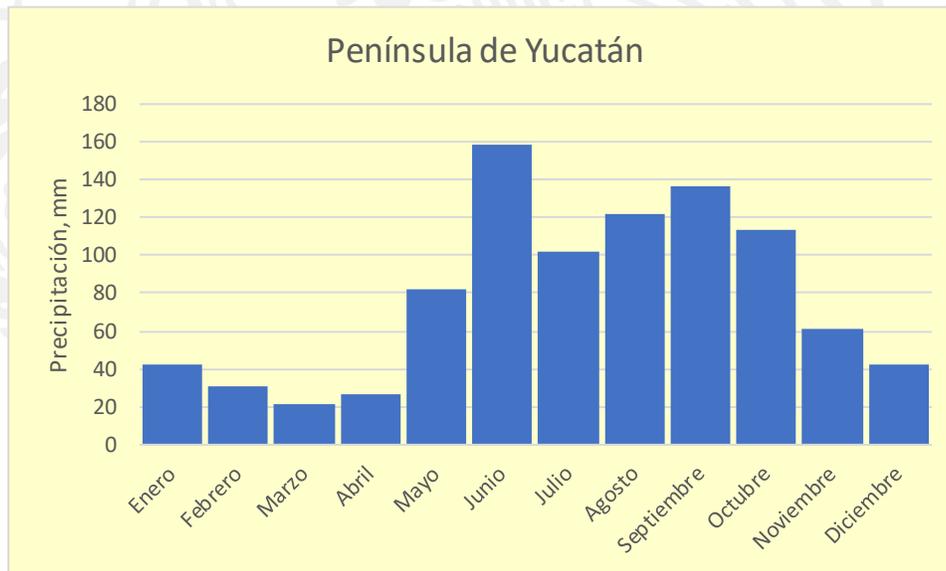


Figura 117 Precipitación Media Anual. Provincia Península de Yucatán. (Page 1929)

5.4.- Manual de operación

Los pasos a seguir para la recolección de muestras, así como, el envasado de las mismas obtenidas de los colectores totalizadores con tubo sumergido y equilibrio de presión son los siguientes.

Recolección mensual de muestras.

- a) Extraer el envase captador de polietileno de alta densidad del interior del colector RS2, para ello se debe abrir la tapa lateral de acero inoxidable, girando la perilla en sentido contrario a las manecillas del reloj (Figura 1).



Figura 118 Preparación para la toma de muestra.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- b) Desenroscar la tapa del envase de polietileno de alta densidad.
- c) Sacar la manguera con el contrapeso del interior del envase.
- d) Vaciar las muestras obtenidas en una probeta graduada en mililitros.



Figura 119 Cantidad de lluvia de manera volumétrica

- e) Tomar el dato del volumen total de muestra obtenido y registrarlo en la hoja de campo.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- f) Enjuagar con la muestra obtenida el interior de las botellas de polietileno de alta densidad con cierre hermético (utilizar mínima cantidad de muestra para el enjuague).



Figura 120 Enjuague de botellas de polietileno de alta densidad con muestra obtenida.

- g) Tomar una de las botellas de polietileno de alta densidad con capacidad de 60 mililitros, verter la muestra y llenarla hasta el nivel de rebose, evitar que se formen burbujas en el envase.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 121 Llenado de botellas con muestra de agua de lluvia.

- h) Una vez llenada la botella adecuadamente, colocar la tapa de rosca y cerrar herméticamente evitando que exista aire dentro del envase.



Figura 122 Botellas cerradas herméticamente con muestra de agua de lluvia.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- i) Llenar la botella restante de 60 mililitros siguiendo el mismo procedimiento a partir del punto g); de la misma manera llenar la botella de 500 mililitros cuando halla suficiente volumen de muestra acumulada, en caso contrario se verterá el volumen de lluvia que se haya almacenado en el equipo.



Figura 123 Botellas de 60 mililitros de polietileno de alta densidad.



Figura 124 Botellas de 500 mililitros de polietileno de alta densidad.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- j) Es importante verificar que el cierre hermético de las botellas sea adecuado, de esta manera se evita la evaporación de la muestra.

- k) Una vez llenadas las botellas, la muestra sobrante se desecha.

- l) Se deben etiquetar las botellas con un marcador de aceite, con el nombre del sitio donde se encuentra el colector instalado y la fecha de recolección.



Figura 125 Etiquetado de las botellas con el nombre del sitio y la fecha de recolección.

- m) Se debe llenar la bitácora de campo con el nombre del sitio, fecha de recolección de la muestra, volumen total obtenido y observaciones del estado del colector.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- n) Para él envío, las muestras deben ser colocadas dentro de la caja de cartón junto con la hoja de campo, el personal de paquetería pasara a recogerlas.



Figura 126 Cajas de cartón armadas para él envío de las muestras.

Mantenimiento y limpieza del equipo colector.

Se inspeccionan en sitio las condiciones generales en las que se encuentra el equipo, en caso de algún desperfecto se realiza el reporte para el cambio de la parte afectada o del equipo,

- i. La parte exterior del equipo colector debe limpiarse agregando a un paño suave agua limpia preferentemente desmineralizada limpiando toda la superficie.
- ii. Las mangueras deben limpiarse por dentro con un alambre de acero inoxidable o escobillón; después enjuagarlas y secarlas, esto se realiza para evitar alteraciones en las nuevas muestras acumuladas.
- iii. Los embudos deben enjuagarse con agua limpia o desmineralizada y observar que no estén obstruidos los desagües.
- iv. Si los desagües están obstruidos, se deberá insertar el alambre de acero inoxidable y liberar los desagües
- v. El sistema de equilibrio de presión se debe verificar inyectando aire comprimido y observar que no existan fugas dentro de la manguera.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- vi. Los envases captadores de polietileno de alta densidad se deberán lavar después de obtener la muestra, para ello se debe verter agua limpia preferentemente desmineralizada, realizar movimientos circulares desplazando el agua por todo el interior del depósito, tirar el agua y secarlo con papel absorbente hasta asegurarse que no exista nada de agua dentro del envase.
- vii. El envase captador debe ser reemplazado dependiendo del periodo y a cantidad de lluvia aproximada de la región, es decir si es temporada de lluvias se debe colocar el depósito de 10 litros, en caso contrario se debe colocar el depósito de 6 litros, en las regiones calurosas con lluvias escasas debe colocarse el depósito de 6 litros durante el año.

Verificación de conexiones y mangueras.

Las conexiones deben estar en óptimas condiciones debido a que una conexión deteriorada podría alterar la muestra y por ende los resultados isotópicos en el laboratorio, por ello es de suma importancia verificar las conexiones y las mangueras que no se encuentren rotas, rasgadas o quebradizas, si es el caso se debe dar aviso al personal del IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) para sustituirlo a la brevedad.

Cualquier duda o aclaración favor de ponerse en contacto con el personal del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

5.4.- Kit para la toma de muestras y su correspondiente envío

El kit para la toma de muestras y para su correspondiente envío que se entregó al personal encargado de los Observatorios Meteorológicos de la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) incluye:

- 12 cajas de cartón para el envío de las muestras
- 24 botellas de 60 mililitros (se utilizan 2 cada mes)
- 12 botellas de 500 mililitros (se utiliza 1 por cada mes)
- Una probeta de 250 mililitros o de 1000 mililitros (depende la región)
- 12 bitácoras de campo (se utiliza una por cada mes).



Figura 127 Botella de 500 mL y probetas de 1 L y 250 mL

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 128 Botellas de 60 mL y caja de cartón para el envío de muestras

5.5.- Hoja de campo del colector de lluvia

A continuación, se muestra el llenado de hoja de campo:

Nombre del sitio/estación Observatorio Meteorológico Cuernavaca Morelos

Fecha de muestreo 30/11/2017

Volumen colectado 1,600 mL

Mantenimiento (marcar la casilla al realizar las actividades).

Limpieza del depósito colector.	Realizado	No realizado
Limpieza de mangueras	Realizado	No realizado
Limpieza de embudo y coladera del embudo	Realizado	No realizado
Limpieza exterior del colector	Realizado	No realizado

Nota: en caso de no realizar alguna actividad del mantenimiento describir en observaciones el motivo.

Observaciones: la limpieza de las mangueras no se realizó por que se observó que se encontraban limpias y en buenas condiciones, solo se vertió agua para enjuagarlas por dentro

5.6.- Base de datos de los isótopos de la precipitación pluvial

A continuación, se presentan los resultados del contenido isotópico estable y de tritio ambiental de las muestras de lluvia de las estaciones de monitoreo pluviométrico en operación del acuífero Cuernavaca como parte experimental de la red nacional de monitoreo de la composición isotópica estable de la precipitación pluvial.

Tabla 5 Base de datos de los dispositivos pluviométricos de la precipitación pluvial. Hoja 1

# LAB. IMTA	IDENTIFICACIÓN	ALTITUD (msnm)	PRECIPITACIÓN (mm)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	1σ (‰)	δD (‰)	1σ (‰)
W-1192	Pluviómetro 0. IMTA	1,358	SD	-6.45	±0.05	-38.3	±0.44
W-1223	Pluviómetro 0. IMTA	1,358	320.00	-8.77	±0.08	-58.6	±0.04
W-1227	Pluviómetro 0. IMTA	1,358	250.60	-8.45	±0.10	-59.5	±0.32
W-1231	Pluviómetro 0. IMTA	1,358	296.40	-12.35	±0.04	-88.7	±0.01
W-1353	Pluviómetro 0. IMTA	1,358	164.80	-6.44	±0.03	-39.7	±0.29
W-1224	Pluviómetro IMTA	1,344	310.00	-7.78	±0.03	-49.8	±0.15
W-1228	Pluviómetro IMTA	1,344	244.50	-8.66	±0.01	-60.0	±0.05
W-1232	Pluviómetro IMTA	1,344	282.50	-12.33	±0.06	-88.7	±0.05
W-1243	Pluviómetro IMTA	1,344	328.40	-7.43	±0.06	-48.2	±0.71
W-1273	Pluviómetro IMTA	1,344	125.70	-5.40	±0.03	-31.2	±0.03
W-1301	Pluviómetro IMTA	1,344	4.60	-3.74	±0.04	-20.1	±0.27
W-1349	Pluviómetro IMTA	1,344	14.00	0.52	0.09	6.0	±0.32
W-1413	Pluviómetro IMTA	1,344	45.00	-4.00	±0.05	-24.8	±0.21
W-1427	Pluviómetro IMTA	1,344	340.00	-9.67	±0.06	-67.5	±0.24
W-1446	Pluviómetro IMTA	1,344	338.00	-10.81	±0.10	-76.2	±0.37
W-1486	Pluviómetro IMTA	1,344	130.07	-11.70	±0.06	-84.3	±0.13
W-1229	Pluviómetro Observatorio	1,638	238.10	-8.61	±0.04	-57.7	±0.11
W-1233	Pluviómetro Observatorio	1,638	363.50	-11.99	±0.12	-85.6	±0.08
W-1244	Pluviómetro Observatorio	1,638	326.50	-8.84	±0.06	-58.7	±0.51
W-1267	Pluviómetro Observatorio	1,638	16.50	-4.44	±0.10	-30.5	±0.02
W-1302	Pluviómetro Observatorio	1,638	57.40	-4.19	±0.16	-20.1	±0.52
W-1337	Pluviómetro Observatorio	1,638	15.20	-3.82	±0.00	-28.4	±0.24
W-1344	Pluviómetro Observatorio	1,638	14.90	1.84	0.04	14.4	±0.19
W-1408	Pluviómetro Observatorio	1,638	24.90	2.12	0.04	15.7	±0.27
W-1422	Pluviómetro Observatorio	1,638	27.20	-3.82	0.02	-48.9	±0.34
W-1438	Pluviómetro Observatorio	1,638	332.00	-13.16	±0.09	-94.6	±0.20
W-1484	Pluviómetro Observatorio	1,638	271.02	-13.29	±0.14	-94.7	±0.09

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Tabla 6 Base de datos de los dispositivos pluviométricos de la precipitación pluvial. Hoja 2

W-1246	Pluviómetro 3 Cumbres	3,290	196.10	-12.30	±0.02	-82.5	±0.13
W-1264	Pluviómetro 3 Cumbres	3,290	8.70	-4.83	±0.10	-20.8	±0.55
W-1303	Pluviómetro 3 Cumbres	3,290	6.80	-7.23	±0.10	-42.6	±0.61
W-1336	Pluviómetro 3 Cumbres	3,290	0.00	-0.96	±0.10	-1.9	±0.29
W-1347	Pluviómetro 3 Cumbres	3,290	18.50	-3.59	±0.09	-9.6	±0.43
W-1411	Pluviómetro 3 Cumbres	3,290	53.40	-3.11	±0.04	-6.5	±0.24
W-1425	Pluviómetro 3 Cumbres	3,290	189.30	-12.75	±0.03	-88.1	±0.34
W-1476	Pluviómetro 3 Cumbres	3,290	525.71	-14.07	±0.08	-96.1	±0.22
W-1250	Pluviómetro Tetlama	1,283	177.30	-8.61	±0.02	-58.4	±0.26
W-1270	Pluviómetro Tetlama	1,283	12.20	-3.07	±0.11	-20.1	±0.15
W-1304	Pluviómetro Tetlama	1,283	25.60	-3.55	±0.03	-17.4	±0.14
W-1341	Pluviómetro Tetlama	1,283	27.70	-2.24	±0.04	-10.3	±0.72
W-1405	Pluviómetro Tetlama	1,283	10.60	2.61	±0.06	14.5	±0.22
W-1419	Pluviómetro Tetlama	1,283	214.20	-8.03	±0.05	-50.7	±0.19
W-1441	Pluviómetro Tetlama	1,283	52.00	-8.44	±0.04	-60.0	±0.14
W-1471	Pluviómetro Tetlama	1,283	22.69	-15.66	±0.02	-117.8	±0.60
W-1230	Colector Observatorio	1,638	237.55	-8.56	±0.13	-57.4	±0.13
W-1234	Colector Observatorio	1,638	363.31	-11.94	±0.09	-85.3	±0.07
W-1245	Colector Observatorio	1,638	341.65	-8.85	±0.10	-59.4	±0.08
W-1268	Colector Observatorio	1,638	16.07	-4.58	±0.13	-31.0	±0.21
W-1309	Colector Observatorio	1,638	55.89	-4.18	±0.14	-20.2	±0.35
W-1338	Colector Observatorio	1,638	15.37	-3.79	±0.01	-28.3	±0.53
W-1345	Colector Observatorio	1,638	15.93	1.52	0.1	12.7	±0.39
W-1409	Colector Observatorio	1,638	29.34	2.01	0.1	12.4	±0.12
W-1423	Colector Observatorio	1,638	253.62	-9.51	±0.09	-64.8	±0.24
W-1439	Colector Observatorio	1,638	429.68	-12.30	±0.04	-86.5	±0.60
W-1485	Colector Observatorio	1,638	312.30	-13.32	±0.06	-94.5	±0.02

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Tabla 7 Base de datos de los dispositivos pluviométricos de la precipitación pluvial. Hoja 3

W-1247	Colector 3 Marías	2,813	220.08	-11.49	±0.07	-77.6	±0.16
W-1265	Colector 3 Marías	2,813	19.56	-7.50	±0.03	-44.1	±0.36
W-1306	Colector 3 Marías	2,813	57.99	-7.13	±0.06	-40.0	±0.07
W-1335	Colector 3 Marías	2,813	0.21	-2.90	±0.12	-28.1	±0.46
W-1346	Colector 3 Marías	2,813	38.43	-3.76	±0.03	-11.8	±0.21
W-1410	Colector 3 Marías	2,813	92.92	-2.08	±0.07	-2.0	±0.15
W-1423	Colector 3 Marías	2,813	223.57	-9.51	±0.09	-64.8	±0.24
W-1444	Colector 3 Marías	2,813	709.15	-11.75	±0.11	-80.1	±0.23
W-1483	Colector 3 Marías	2,813	292.04	-14.24	±0.10	-99.3	±0.26
W-1248	Colector Huitzilac	2,600	230.56	-10.67	±0.02	-70.2	±0.18
W-1266	Colector Huitzilac	2,600	16.77	-5.67	±0.03	-31.1	±0.64
W-1305	Colector Huitzilac	2,600	60.09	-6.93	±0.04	-38.0	±0.25
W-1334	Colector Huitzilac	2,600	0.21	0.03	±0.03	-14.1	±0.45
W-1348	Colector Huitzilac	2,600	20.26	-2.38	±0.06	-3.7	±0.21
W-1412	Colector Huitzilac	2,600	83.84	-2.28	±0.04	-4.4	±0.55
W-1426	Colector Huitzilac	2,600	275.97	-12.95	±0.02	-90.4	±0.37
W-1445	Colector Huitzilac	2,600	695.17	-11.91	±0.02	-82.2	±0.13
W-1475	Colector Huitzilac	2,600	275.97	-13.98	±0.04	-98.2	±0.18
W-1249	Colector Temixco	1,264	173.27	-9.54	±0.04	-65.1	±0.06
W-1269	Colector Temixco	1,264	13.27	-2.59	±0.14	-15.3	±0.36
W-1310	Colector Temixco	1,264	43.32	-4.72	±0.07	-25.2	±0.57
W-1343	Colector Temixco	1,264	19.98	0.35	±0.04	5.2	±0.41
W-1407	Colector Temixco	1,264	31.86	-1.81	±0.06	-9.6	±0.49
W-1421	Colector Temixco	1,264	383.57	-8.17	±0.03	-54.2	±0.12
W-1443	Colector Temixco	1,264	594.56	-8.85	±0.10	-61.1	±0.12
W-1474	Colector Temixco	1,264	262.70	-13.94	±0.07	-99.9	±0.26

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Tabla 8 Base de datos de los dispositivos pluviométricos de la precipitación pluvial. Hoja 4

W-1251	Colector Alpuyeca	1,063	125.06	-8.66	±0.06	-57.9	±0.19
W-1271	Colector Alpuyeca	1,063	9.78	-3.87	±0.10	-28.6	±0.03
W-1307	Colector Alpuyeca	1,063	51.70	-4.18	±0.12	-23.3	±0.07
W-1352	Colector Alpuyeca	1,063	1.61	1.10	±0.10	-15.3	±0.35
W-1340	Colector Alpuyeca	1,063	6.01	1.85	±0.10	12.9	±0.74
W-1404	Colector Alpuyeca	1,063	67.77	-3.55	±0.05	-20.9	±0.32
W-1418	Colector Alpuyeca	1,063	405.23	-6.33	±0.07	-42.6	±0.27
W-1440	Colector Alpuyeca	1,063	433.87	-9.15	±0.06	-67.4	±0.06
W-1472	Colector Alpuyeca	1,063	174.67	-13.27	±0.05	-99.2	±0.47
W-1252	Colector Fira	1,194	102.70	-8.83	±0.00	-61.9	±0.42
W-1272	Colector Fira	1,194	9.43	-2.71	±0.03	-20.6	±0.49
W-1308	Colector Fira	1,194	62.88	-5.00	±0.04	-28.5	±0.25
W-1342	Colector Fira	1,194	26.55	-1.53	±0.02	-8.3	±0.51
W-1406	Colector Fira	1,194	13.97	1.88	±0.03	9.1	±0.15
W-1420	Colector Fira	1,194	478.59	-9.14	±0.06	-62.6	±0.27
W-1442	Colector Fira	1,194	486.27	-10.08	±0.03	-70.8	±0.10
W-1473	Colector Fira	1,194	278.77	-11.91	±0.07	-86.1	±0.51

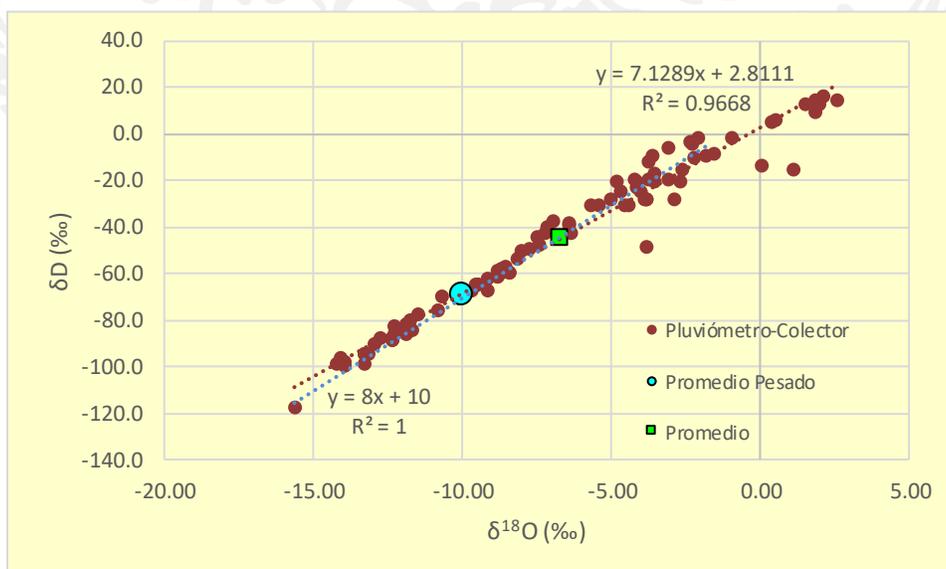


Figura 129 Resultados d²H y d¹⁸O de la red experimental nacional de monitoreo de la composición isotópica estable de la precipitación pluvial

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

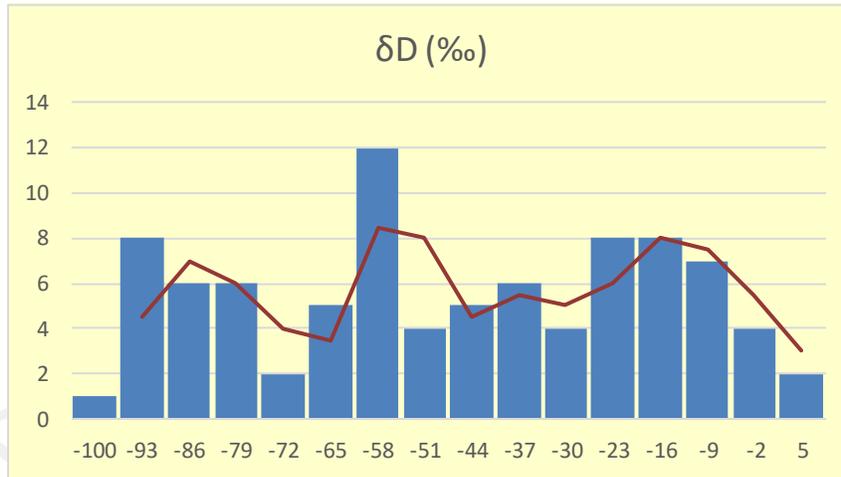


Figura 130 Histograma de d^2H de la red experimental nacional de monitoreo de la composición isotópica estable de la precipitación pluvial

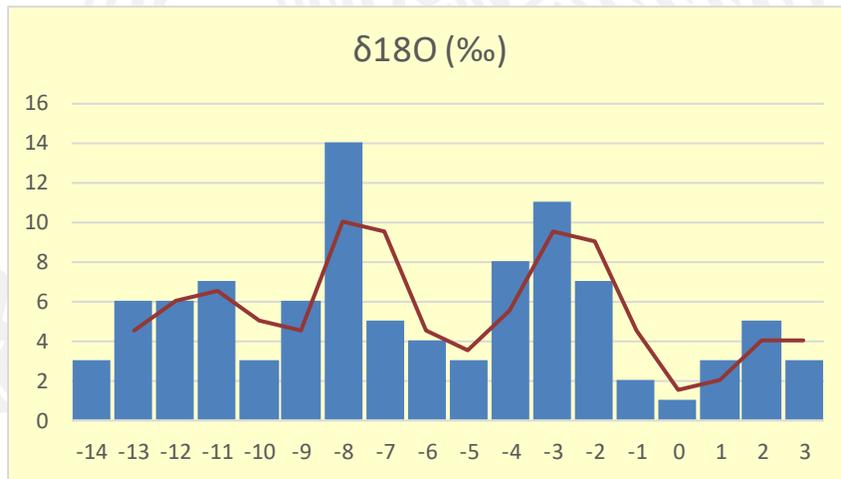


Figura 131 Histograma de $d^{18}O$ de la red experimental nacional de monitoreo de la composición isotópica estable de la precipitación pluvial

6.- RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE LLUVIA

La medición de precipitación pluvial es de suma importancia para el estudio de diversos factores de la región donde se colocan los pluviómetros y/o colectores de agua, uno de los factores más importantes que se pueden conseguir a partir de estas mediciones son la obtención de muestras de aguas inalteradas y acumulables para el análisis de isotopos estables H (hidrogeno) y O (oxigeno), además de la caracterización de series históricas (deuterio, oxígeno-18 y tritio), de alta calidad y varios años de duración.

6.1.- Metodología aplicada

El personal que realizó el trabajo de campo contaba con todo el avaluamiento adecuado para realizar la colecta de muestras de lluvia, portaban una identificación y una carta de presentación que les acreditaba como personal autorizado por el IMTA para que se le permitiera el acceso a las instalaciones o sitios donde se encontraban resguardados los equipos pluviométricos y/o colectores de agua pluvial.

Adicionalmente el equipo de trabajo tenía los avíos y componentes de descarga de datos preparados para ser aplicados en campo, junto con una computadora portátil para el almacenamiento de registros y programación de las nuevas condiciones de medición de los equipos pluviométricos.

En cada sitio se revisó el depósito de almacenamiento de muestra acumulada el cual una vez medido el volumen acumulado se le proporciono mantenimiento y limpieza con agua desmineralizada y papel absorbente.

Se revisó cada parte integrante del equipo, fue necesario sustituir algunos de los elementos críticos ya deteriorados (baterías, conexiones tipo “Y” y/o mangueras).

Se solicitó al IMTA la información de las personas que resguardan los sitios donde se encontraban instalados los equipos pluviométricos con la finalidad de dar aviso anticipadamente a las personas resguardantes de los equipos por vía

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

telefónica que se visitará el sitio para realizar los trabajos de obtención de las muestras.

Se realizó un recorrido previo de reconocimiento para ubicar con mayor precisión los equipos pluviométricos y colectores de agua pluvial.

6.2.- Indicaciones de los procedimientos realizados durante los recorridos de campo

Procedimiento para la recolección mensual de muestras de precipitación acumuladas

- o) Extraer el envase captador de polietileno de alta densidad del interior del colector RS2.*
- p) Vaciar las muestras obtenidas en una probeta graduada en mililitros.*
- q) Tomar el dato del volumen real de muestra obtenido y registrarlo en la bitácora de campo.*
- r) Enjuagar con la muestra obtenida el interior de las botellas de polietileno de alta densidad con cierre hermético (utilizar mínima cantidad de muestra para el enjuague).*
- s) Tomar la botella de polietileno de alta densidad con capacidad de medio, verter la muestra y llenarla hasta el nivel de rebose, evitar que se formen burbujas en el envase.*
- t) Una vez llenada la botella adecuadamente, colocar la tapa de rosca y cerrar herméticamente evitando que exista aire dentro del envase.*
- u) Llenar las 2 botellas de 60 mililitros siguiendo el mismo procedimiento a partir del punto d); de la misma manera, una de 500 mililitros cuando halla suficiente volumen de muestra acumulada, en caso contrario será el volumen de lluvia que se haya almacenado en el equipo.*
- v) Es importante verificar que el cierre hermético de las botellas, de esta manera se evita la evaporación de la muestra.*
- w) Una vez llenadas las botellas, la muestra sobrante se desecha.*
- x) El transporte de los envases contenedores de las muestras debe ser en una hielera evitando movimientos bruscos y el contacto directo con el sol.*
- y) Una vez llegada la muestra al laboratorio, se deberá entregar al encargado de recepción de muestras para el registro de ingreso correspondiente.*

Procedimiento para el mantenimiento y limpieza del equipo colector

Se inspeccionan en sitio las condiciones generales en las que se encuentra el equipo, en caso de algún desperfecto se realiza el reporte para el cambio de la parte afectada o del equipo, la parte exterior debe limpiarse agregando a un paño suave agua desmineralizada limpiando toda la superficie del equipo. Las mangueras deben limpiarse por dentro con un alambre de acero inoxidable o escobillón y después enjuagarlas y secarlas en sitio, para evitar alteraciones en las nuevas muestras acumuladas. Los embudos y depósitos captadores deben enjuagarse con agua desmineralizada y observar que no estén obstruidos los desagües. El sistema de equilibrio de presión se debe verificar inyectando aire comprimido y observar que no existan fugas dentro de la manguera. Los envases captadores de polietileno de alta densidad se deberán lavar después de obtener la muestra, para ello se debe verter agua desmineralizada, realizar movimientos circulares desplazando el agua por todo el interior del depósito, tirar el agua y secarlo con papel absorbente hasta asegurarse que no exista nada de agua dentro del envase.

Procedimiento para la Verificación de conexiones y mangueras

Las conexiones deben estar en óptimas condiciones, debido a que una conexión deteriorada podría alterar la muestra y por ende los resultados isotópicos en el laboratorio, por ello es de suma importancia verificar las conexiones y las mangueras que no se encuentren rotas, rasgadas o quebradizas, si es el caso se deberá sustituir de inmediato.

Procedimiento para el mantenimiento y descarga de registros de los equipos pluviométricos

En equipos pluviométricos se realizará la descarga de registros almacenados de lluvia horaria y de precipitación totalizada, así como la readecuación de instrucciones de registro de mediciones en el componente Datalogger, calibración de balancines y nivelación del cilindro de captación del pluviómetro. Los datos pluviométricos almacenados se deben descargar en el sitio, debido a que el componente Datalogger se debe quedar para el registro de lluvia del siguiente periodo. Los datos obtenidos se analizan en sitio para observar el comportamiento de las mediciones y poder así ajustar o reubicar el equipo en

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

caso de observar datos anormales, además de determinar sí el volumen almacenado en el depósito es correcto, se debe anotar la cantidad total de precipitación captada durante el periodo en la bitácora de campo. Una vez descargados los datos se deben confirmar o readecuar las instrucciones de registro de mediciones con en nombre del equipo, fecha, hora, e intervalos de medición a operar en el siguiente periodo.

El siguiente paso es nivelar con una regleta de burbuja la cubeta de captación en sus ejes transversales, en caso contrario se deberá ajustar el mecanismo de sujeción del pluviómetro, el cual se encuentra en la base del pedestal que sujeta al equipo. El último paso es calibrar el equipo, vertiendo una cantidad de agua conocida en cada compartimento del balancín hasta accionar su viraje, ajustando la altura de un tornillo que equilibra el viraje del balancín.

Una vez completados los aspectos anteriores, se debe colocar nuevamente el componente Datalogger, comprobar el estado de la batería que lo alimenta y fijar la cubeta de captación en el equipo. Es importante destacar que, para la descarga de registros pluviométricos, se deberá contar con los accesorios y herramientas correspondientes para pluviómetros de balancín Modelo 3554WD, marca WATCH DOG.

6.3.- Fechas de recolección

Primer muestreo: 03/11/17 recolección del volumen acumulado de octubre.

Segundo muestreo: 17/11/17 recolección primera quincena de noviembre.

Tercer muestreo: 01/12/17 recolección de la segunda quincena de noviembre.

Cuarto muestreo: 15/12/17 recolección de la primera quincena de diciembre.

Quinto muestreo: 29/12/17 recolección de la segunda quincena de diciembre.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

6.4.- Coordenadas de sitios donde se encuentran instalados los equipos pluviométricos y/o colectores de agua pluvial

Tabla 1. Coordenadas de la ubicación de los equipos instalados en la zona del acuífero Cuernavaca.

SITIOS DENTRO DE LA ZONA DEL ACUÍFERO CUERNAVACA	TIPO	COORDENADAS
Tres marías, Huitzilac, Morelos	Colector	19°03.089N 099°14.777W ELEV. 2813M
Tres Cumbres (montaña), Huitzilac, Morelos	Pluviómetro	19°03.676N 099°13.099W ELEV. 3290M
Huitzilac, Morelos	Colector	19°01.971N 099°16.128W ELEV. 2600M
Observatorio CONAGUA, Cuernavaca Morelos	Colector, Pluviómetro	18°56'34.2N 099°12'54.5W
Alpuyeca, Morelos	Colector	18°44.635N 99°15.887W ELEV. 1063M
Temixco, Morelos	Colector	18°51'27.1"N 99°13'26.1"W
Tezoyuca, Emiliano Zapata, Morelos	Colector	18°48.023N 099°11.804W ELEV.1194M
Tetlama Temixco, Morelos	Pluviómetro	18°49.675N 099°17.105W ELEV. 1283M
IMTA Jiutepec, Morelos	Pluviómetro	18°53.028N-099°09.527W ELEV.1344 M

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

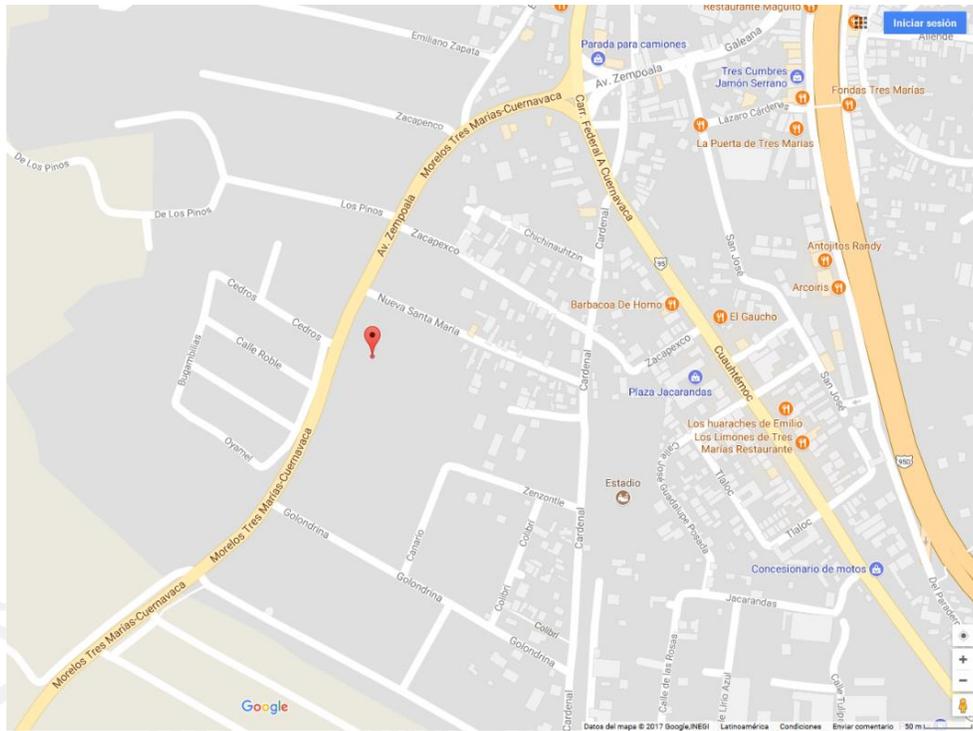


Figura 132 Tres marías, Huitzilac, Morelos

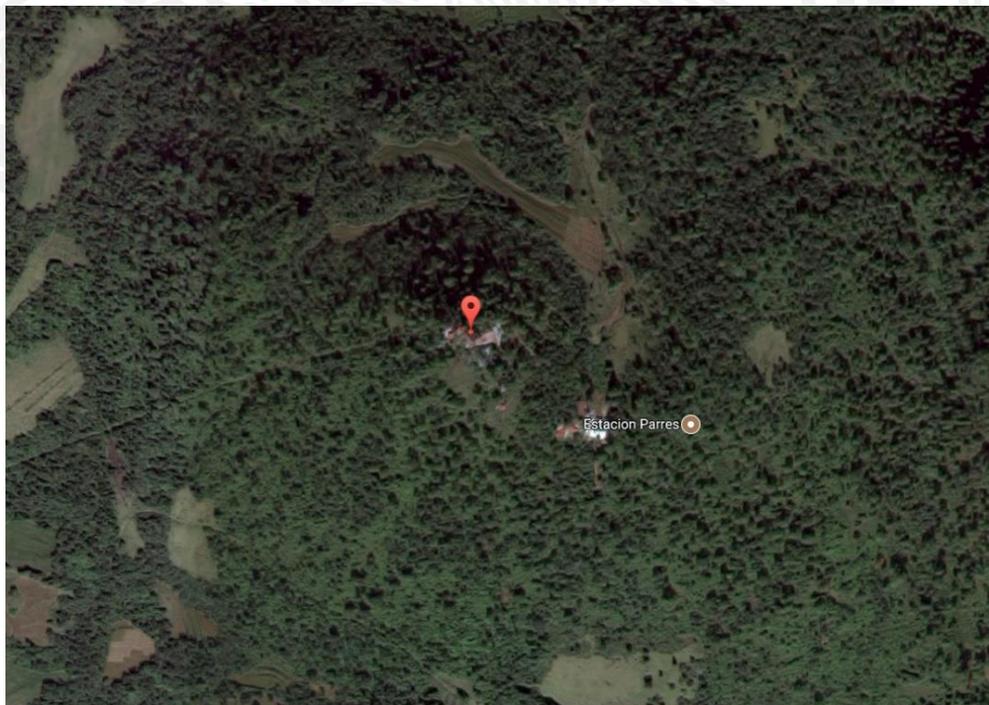


Figura 133 Tres Cumbres (montaña), Huitzilac, Morelos

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

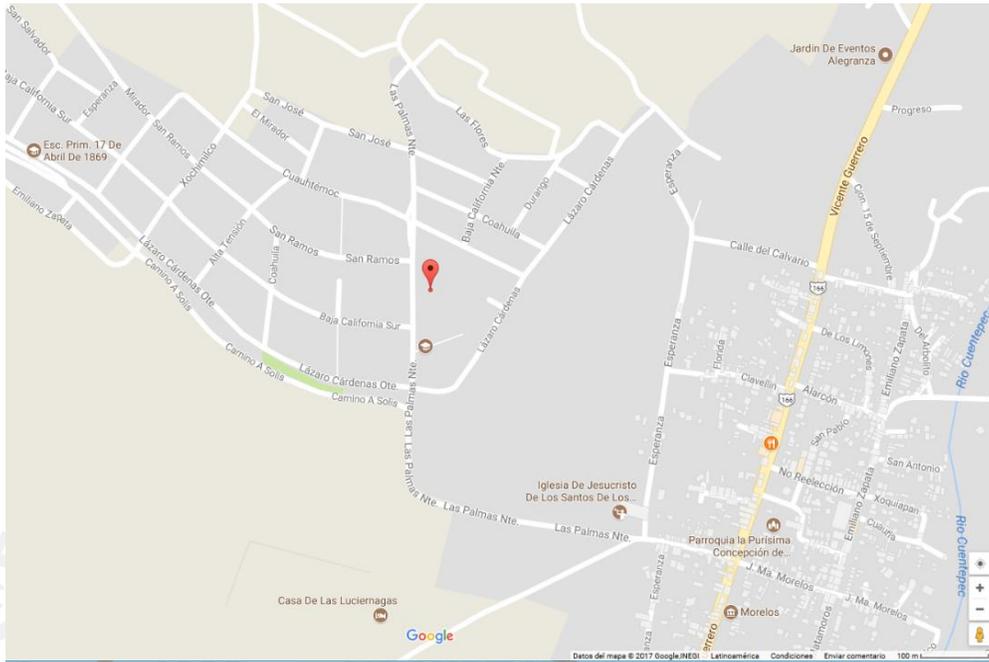


Figura 136 Alpuyecá, Morelos

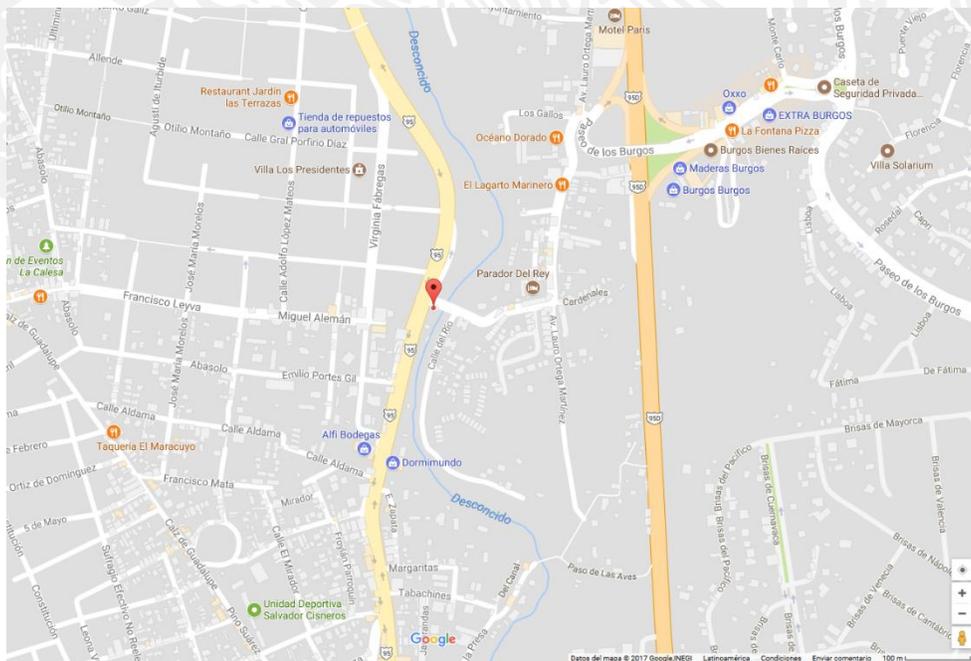


Figura 137 Temixco, Morelos

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

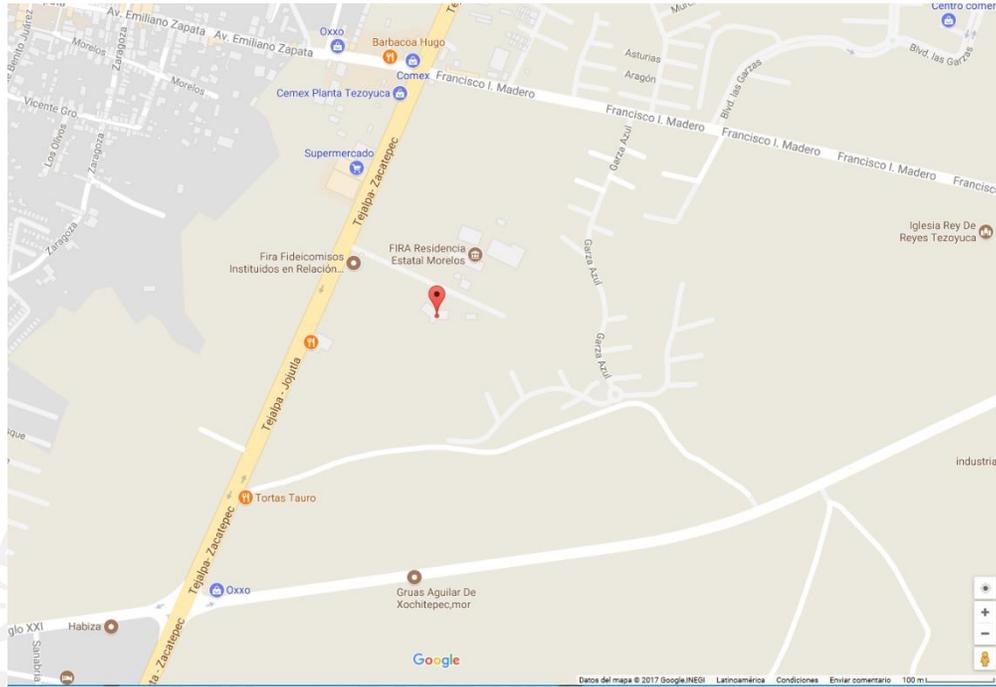


Figura 138 Tezoyuca, Emiliano Zapata, Morelos

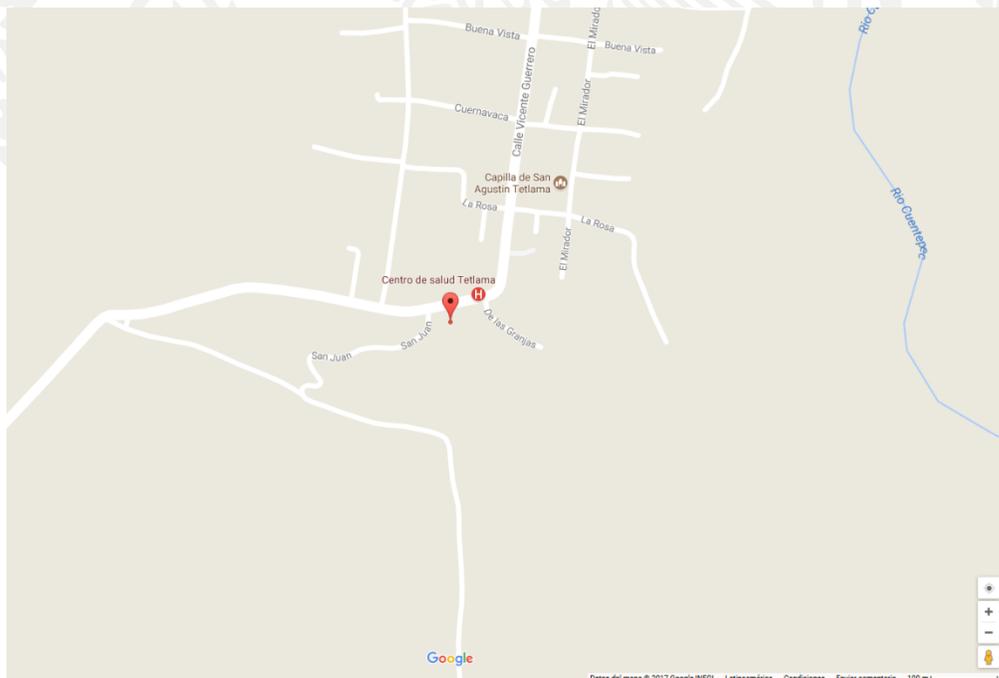


Figura 139 Tetlama Temixco, Morelos

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

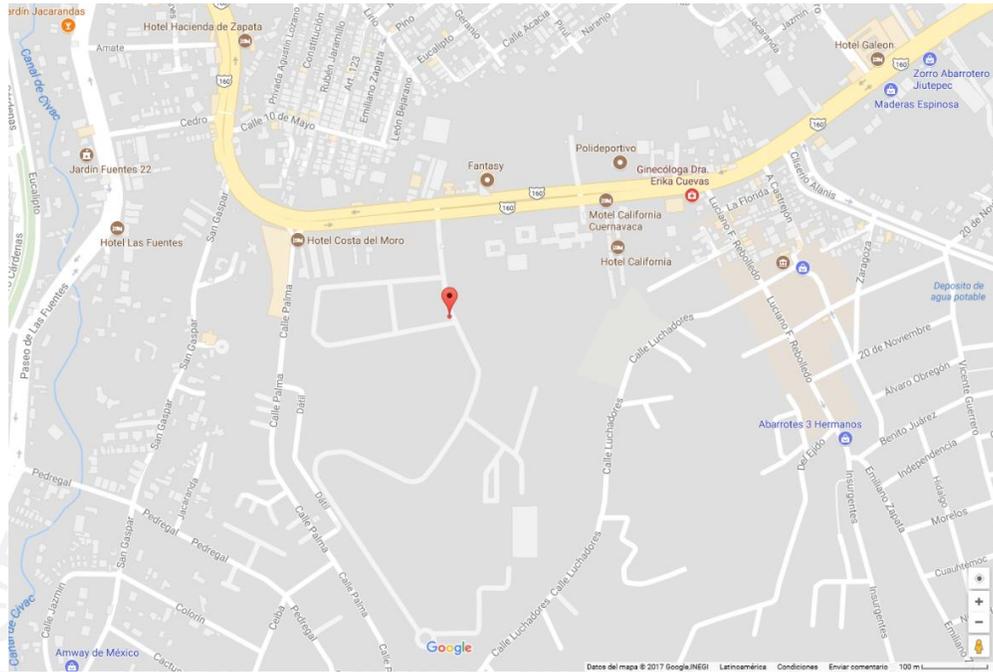


Figura 140 IMTA Jiutepec, Morelos

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

6.5.- Ilustraciones de los equipos en sitio



Figura 141 Colector instalado en tres marías, Huitzilac, Morelos

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 142 Pluviómetro instalado en tres cumbres, Huitzilac, Morelos



Figura 143 Colector instalado en Huitzilac, Morelos

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 144 Colector y pluviómetro instalados en el observatorio meteorológico de la CONAGUA, Cuernavaca, Morelos



Figura 145 Colector instalado en Alpuyec, Morelos

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 146 Colector instalado en Temixco, Morelos



Figura 147 Colector instalado en FIRA Tezoyuca, Morelos

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 148 Pluviómetro instalado en Tetlama, Morelos



Figura 149 Pluviómetro instalado en el IMTA, Jiutepec, Morelos

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550. México.
Tel: (777) 329 36 00 www.gob.mx/imta/

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

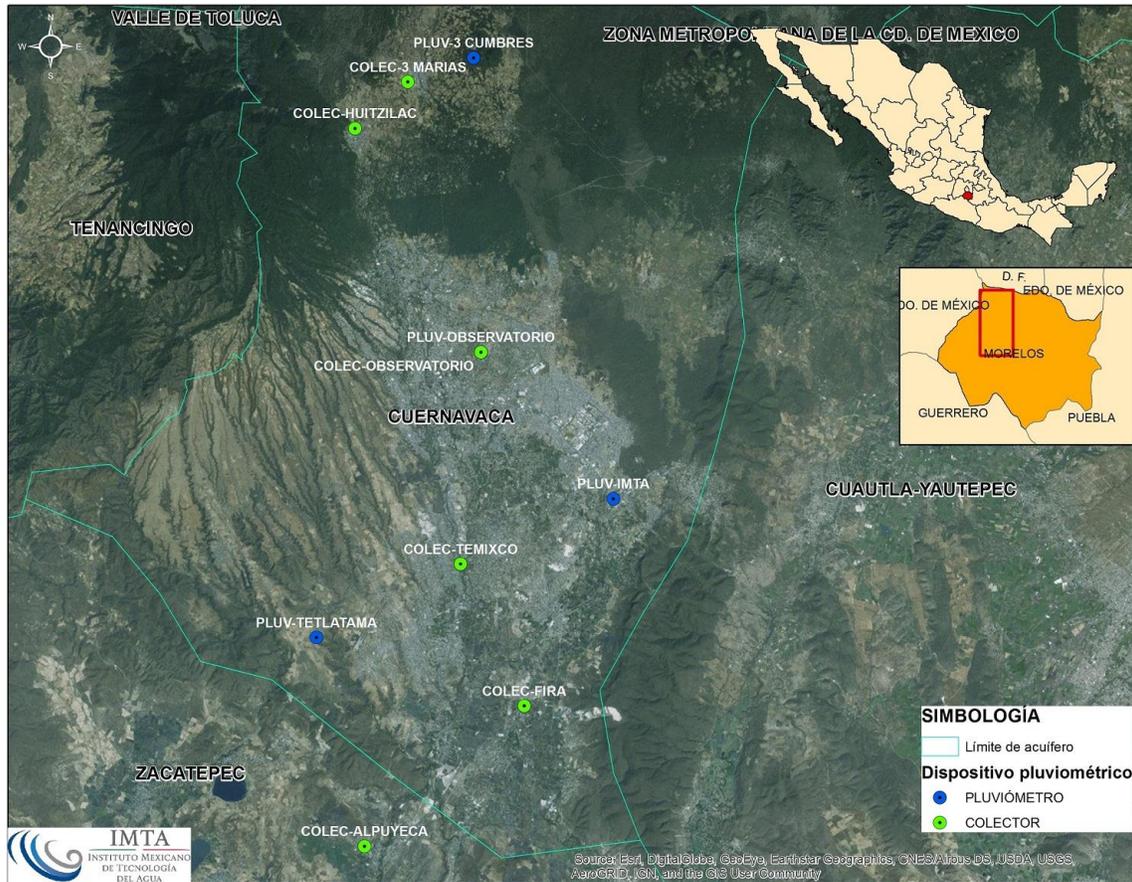


Figura 150 Localización de sitios para la recolección de muestras de agua de lluvia en la zona del acuífero Cuernavaca

6.6.- Desarrollo de actividades

Recolección de muestras de lluvia acumulada en sitios dentro del acuífero Cuernavaca (envasado y recolección): El personal de campo acudió a cada sitio donde se encuentran los equipos pluviométricos y colectores de lluvia instalados con el fin de realizar la recolección y envasado de las muestras de lluvia acumuladas.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 151 Vertido de muestra a probeta de 1000 mL



Figura 152 Vertido de muestra a botella de polietileno para análisis de tritio ambiental

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 153 Vertido de muestra a botella de polietileno para análisis de isotopos estables

Medición del volumen colectado acumulado: La medición se realizó con la ayuda de una probeta de un litro graduada milimétricamente, se colocó en una superficie plana, se vertió el volumen acumulado anotando el dato en la bitácora de campo.



Figura 154 Probeta de 1000 mL utilizada en la medición de la muestra recolectada

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Descarga de datos y programación de instrucciones de registro de mediciones de equipos pluviométricos: Se realizó la descarga de los datos almacenados en el datalogger de cada equipo pluviométrico, para ello se utilizaron los accesorios y herramientas para pluviómetros de balancín modelo 3554WD de la marca Whatchdog, aunado a esto se actualizaron las instrucciones del datalogger del siguiente periodo con el software SpectWare 9.

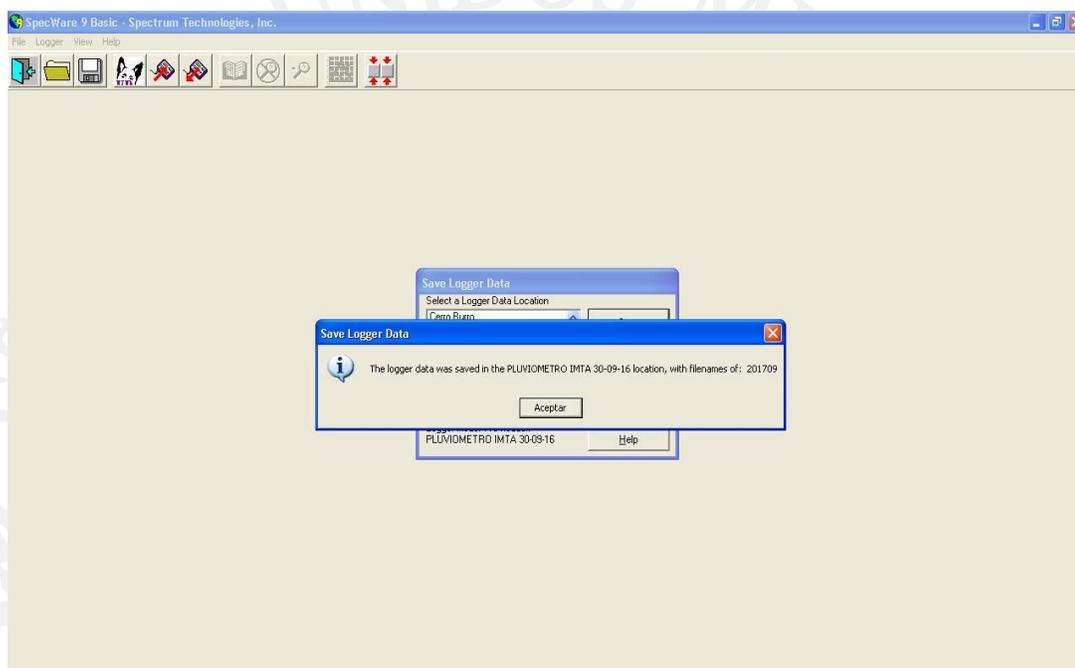


Figura 155 Software SpectWare 9 utilizado para bajar las lecturas

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

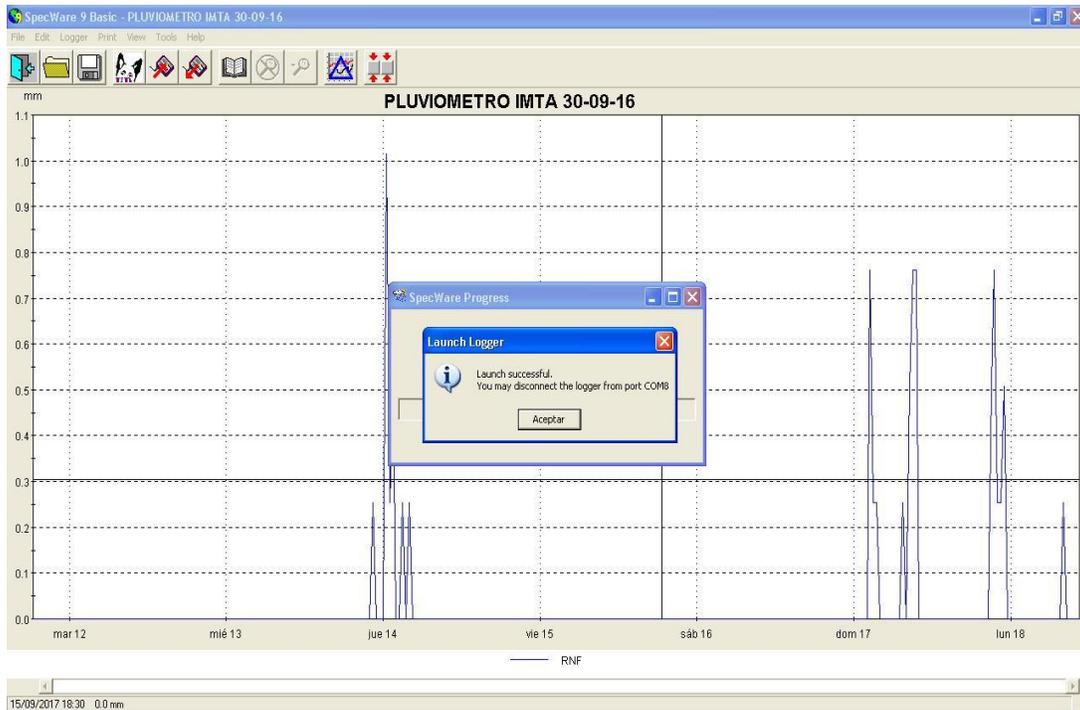


Figura 156 Gráfico de lecturas realizadas en Software SpectWare 9

Llenado de bitácora de campo y documentación fotográfica: Durante los recorridos de campo se registraron los datos obtenidos en una hoja de campo incluyendo los datos de volumen colectado, volumen total registrado por los pluviómetros de balancín, número de botellas por entregar, datos de calibración, fecha de muestreo, y observaciones generales.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

GRUPO INGENIERIA CONSTRUCTOR ISCR, S.A. DE C.V.

Hoja de campo de recolección de muestras de lluvia de colectores y pluviómetros colocados en la zona del acuífero Cuernavaca

Fecha de recorrido de campo: 3 y 4 de Noviembre del 2017

DESCRIPCIÓN	LUGAR	FECHA DE RECOLECCIÓN	VOLUMEN COLECTADO (mL)	CALIBRACIÓN		OBSERVACIONES
				BALANCÍN 1	BALANCÍN 2	
Pluviómetro 1	IMTA	3-11-17	4,300 ml	80	81	Dataloger registro 131.9 mm se realiza mantenimiento
Pluviómetro 2	Observatorio CONAGUA	3-11-17	8,960 ml	85	85	Dataloger registro 273.4 mm se realiza mantenimiento
Pluviómetro 3	Tres cumbres	4-11-17	17,380 ml	83	83	Dataloger registro 527.3 mm correctivos a 300 SET
Pluviómetro 4	Tetlama	3-11-17	750 ml	86	85	Dataloger registro 23.3 mm se realiza mantenimiento
Colector 1	Observatorio CONAGUA	3-11-17	4,470 ml			se realiza mantenimiento completo
Colector 2	Tres marías	4-11-17	4,180 ml			se realiza mantenimiento completo
Colector 3	Huitzilac	4-11-17	3,950 ml			se realiza mantenimiento completo
Colector 4	Temixco	3-11-17	3,760 ml			se realiza mantenimiento completo
Colector 5	Alpuyeca	3-11-17	2,500 ml			se realiza mantenimiento completo
Colector 6	FIRA	3-11-17	3,990 ml			se realiza mantenimiento completo

AVENIDA INSURGENTES SUR No. 386 Int. 201
COL. DEL VALLE NORTE. BENITO JUÁREZ, C.D. DE MÉXICO. C.P. 03105
E-MAIL - grupo_ing_iscr@hotmail.com

Figura 157 Hoja de campo correspondiente a recolección del 03-04 de noviembre de 2017

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

GRUPO INGENIERIA CONSTRUCTOR ISCR, S.A. DE C.V.

Hoja de campo de recolección de muestras de lluvia de colectores y pluviómetros colocados en la zona del acuífero Cuernavaca

Fecha de recorrido de campo: 17 - Noviembre - 2017

DESCRIPCIÓN	LUGAR	FECHA DE RECOLECCIÓN	VOLUMEN COLECTADO (mL)	CALIBRACIÓN		OBSERVACIONES		
				BALANCIN 1	BALANCIN 2			
Pluviómetro 1	IMTA ✓	17-11-17	30 ml	8.5	8.5	8.5	Dataloger registro 0.9mm se realizó mantenimiento	1- 60ml (Incompleta)
Pluviómetro 2	Observatorio CONAGUA ✓	17-11-17	400 ml	8.1	8.5	8.5	Dataloger registro 12 mm se realizó mantenimiento	2- 60ml (Incompleta)
Pluviómetro 3	Tres cumbres	17-11-17	0 ml	8.1	8.5	8.5	Dataloger registro 0.5mm se realizó mantenimiento	No se recolectó
Pluviómetro 4	Tetlana ✓	17-11-17	1000 ml	8.5	8.5	8.5	Dataloger registro 30.5mm se realizó mantenimiento	1- 500ml 2- 60ml
Colector 1	Observatorio CONAGUA ✓	17-11-17	180 ml				se realizó mantenimiento	2- 60ml (Incompleta)
Colector 2	Tres marías	17-11-17	0 ml				se realizó mantenimiento	No hubo muestra
Colector 3	Huitzilac	17-11-17	0 ml				se realizó mantenimiento	No hubo muestra
Colector 4	Temixco	17-11-17	260 ml				se realizó mantenimiento	1- 500ml (Incompleta) 2- 60ml
Colector 5	Alpuyeca	17-11-17	170 ml				se realizó mantenimiento	2- 60ml 1- 500ml (Incompleta)
Colector 6	FIRA	17-11-17	410 ml				se realizó mantenimiento	2- 60ml 1- 500ml (Incompleta)

AVENIDA INSURGENTES SUR No. 556 Int. 201
COL. LIZ VALLE NORTE, BENTON JUAREZ, CD. DE ALEXICO, C.F. 09105
E-MAIL: grupo_eng_iscr@hotmail.com

Figura 158 Hoja de campo correspondiente a recolección del 03-04 de noviembre de 2017

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

GRUPO INGENIERIA CONSTRUCTOR ISCR, S.A. DE C.V.

Hoja de campo de recolección de muestras de lluvia de colectores y pluviómetros colocados en la zona del acuífero Cuernavaca

Fecha de recorrido de campo: 01 - Diciembre - 17

DESCRIPCIÓN	LUGAR	FECHA DE RECOLECCIÓN	VOLUMEN COLECTADO (mL)	CALIBRACIÓN				OBSERVACIONES			
				BALANCÍN 1		BALANCÍN 2					
Pluviómetro 1	IMTA	01-12-17	0 ml	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	colector registro 0mm se realizó mantenimiento	no hubo muestra.
Pluviómetro 2	Observatorio CONAGUA	01-12-17	0 ml	8.3	8.3	8.3	8.1	8.5	8.3	colector registro 0mm se realizó mantenimiento	no hubo muestra.
Pluviómetro 3	Tres cumbres	01-12-17	0 ml	8.5	8.5	8.3	8.5	8.5	8.5	colector registro 0mm se realizó mantenimiento	no hubo muestra.
Pluviómetro 4	Tetlama	01-12-17	0 ml	8.1	8.3	8.5	8.3	8.3	8.3	colector registro 0mm se realizó mantenimiento	no hubo muestra.
Colector 1	Observatorio CONAGUA	01-12-17	0 ml							no hubo muestra se realizó mantenimiento	
Colector 2	Tres marías	01-12-17	0 ml							no hubo muestra se realizó mantenimiento	
Colector 3	Huitzilac	01-12-17	0 ml							no hubo muestra se realizó mantenimiento	
Colector 4	Temixco	01-12-17	0 ml							no hubo muestra se realizó mantenimiento	
Colector 5	Alpuyeca	01-12-17	0 ml							no hubo muestra se realizó mantenimiento	
Colector 6	FIRA	01-12-17	0 ml							no hubo muestra se realizó mantenimiento	

AVENIDA INSURGENTES SUR No. 296 Int. 201
COL. DEL VALLE NORTE, BENITO JUÁREZ, CD. DE MÉXICO, C.F. 05105
E-MAIL - grupo_ing_iscr@hotmail.com

Figura 159 Hoja de campo correspondiente a recolección del 01 de diciembre de 2017

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

GRUPO INGENIERIA CONSTRUCTOR ISCR, S.A. DE C.V.

Hoja de campo de recolección de muestras de lluvia de colectores y pluviómetros colocados en la zona del acuífero Cuernavaca

Fecha de recorrido de campo: 15-Diciembre-2017

DESCRIPCIÓN	LUGAR	FECHA DE RECOLECCIÓN	VOLUMEN COLECTADO (mL)	CALIBRACIÓN		OBSERVACIONES
				BALANCÍN 1	BALANCÍN 2	
Pluviómetro 1	IMTA	15-12-17	0ml	8.38585	8.38585	-Datalogr registro 0mm -no hubo muestra -se realiza mantenimiento
Pluviómetro 2	Observatorio CONAGUA	15-12-17	500ml	8.58585	8.18385	-Datalogr registro 15.2mm -se realiza mantenimiento
Pluviómetro 3	Tres cumbres	15-12-17	20ml	8.18585	8.38585	-Datalogr registro 0.8mm -se realiza mantenimiento
Pluviómetro 4	Tetlama	15-12-17	17 ml	8.38385	8.58585	-Datalogr registro 0.6 mm -se realiza mantenimiento
Colector 1	Observatorio CONAGUA	15-12-17	210ml			-se realiza mantenimiento
Colector 2	Tres marías	15-12-17	0ml			-se realiza mantenimiento -no hubo muestra
Colector 3	Huitzilac	15-12-17	0ml			-no hubo muestra -se realiza mantenimiento
Colector 4	Temixco	15-12-17	0ml			-no hubo muestra -se realiza mantenimiento
Colector 5	Alpuyeca	15-12-17	0ml			-se realizó mantenimiento -no hubo muestra
Colector 6	FIRA	15-12-17	0ml			-se realizó mantenimiento -no hubo muestra

AVENIDA INSURGENTES SUR No. 386 Int. 201
 COL. DEL VALLE NORTE, FRENTO JUAREZ, C.I. DE MEXICO, C.P. 05105
 E-MAIL: - grupo_eng_her@icoralmex.com

Figura 160 Hoja de campo correspondiente a recolección del 15 de diciembre de 2017

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

GRUPO INGENIERIA CONSTRUCTOR ISCR, S.A. DE C.V.

Hoja de campo de recolección de muestras de lluvia de colectores y pluviómetros colocados en la zona del acuífero Cuernavaca

Fecha de recorrido de campo: 29 - Diciembre - 17

DESCRIPCIÓN	LUGAR	FECHA DE RECOLECCIÓN	VOLUMEN COLECTADO (mL)	CALIBRACIÓN		OBSERVACIONES
				BALANCÍN 1	BALANCÍN 2	
Pluviómetro 1	IMTA	29-12-17	0ml	8.5 8.5 8.5	8.5 8.5 8.5	Catálogo registro 0mm NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Pluviómetro 2	Observatorio CONAGUA	29-12-17	0ml	8.5 8.5 8.5	8.5 8.5 8.5	Catálogo registro 0mm NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Pluviómetro 3	Tres cumbres	29-12-17	0ml	8.5 8.5 8.5	8.5 8.5 8.5	Catálogo registro 0mm NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Pluviómetro 4	Tetlama	29-12-17	0ml	8.1 8.5 8.5	8.5 8.5 8.5	Catálogo registro 0mm NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Colector 1	Observatorio CONAGUA	29-12-17	0ml			NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Colector 2	Tres marías	29-12-17	0ml			NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Colector 3	Huitzilac	29-12-17	0ml			NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Colector 4	Temixco	29-12-17	0ml			NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Colector 5	Alpuyeca	29-12-17	0ml			NO hubo muestra se realizó mantenimiento
Colector 6	FIRA	29-12-17	0ml			NO hubo muestra se realizó mantenimiento

AVENIDA INSURGENTES SUR No. 560 Int. 204
 COL. DEL VALLE NOROCCIDENTAL, BENITO JUÁREZ, C.D. DE MÉXICO C.F. 03105
 E-MAIL - grupo_ing_iscr@hotmail.com

Figura 161 Hoja de campo correspondiente a recolección del 29 de diciembre de 2017

Calibración de equipos pluviométricos: Para la calibración se realizaron los cálculos correspondientes de acuerdo a las especificaciones del manual de los equipos pluviométricos, se vertió con una pipeta graduada 8.5ml de agua en cada balancín teniendo que alternar la posición (realizar un evento) con ese volumen de agua.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 162 Calibración de balancines de pluviómetros



Figura 163 Pipeta graduada utilizada para la calibración de balancines

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Mantenimiento e inspección a los equipos pluviométricos y colectores:

Se realizó el mantenimiento general a los equipos tanto pluviométricos como colectores de agua de lluvia, las actividades realizadas consistían en limpieza general, limpieza de coladeras, limpieza de depósitos de almacenamiento, limpieza de mangueras, limpieza de balancines, limpieza del área perimetral del equipo, además de sustituir los elementos críticos o deteriorados (baterías, conexiones y/o mangueras).



Figura 164 Se limpió parte externa e interna de colectores

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 165 Se limpio parte donde se guarda el cilindro colector de pluviómetros

Entrega al laboratorio isotópico del IMTA de muestras de lluvia acumulada: en cada periodo de muestreo se realizó la entrega de lotes de las muestras colectadas, además de las hojas de campo en las instalaciones del IMTA al personal del laboratorio isotópico.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

GRUPO INGENIERIA CONSTRUCTOR ISCR, S.A. DE C.V.

Ciudad de México, a 06 de noviembre de 2017

FÍSICO LUIS GONZÁLEZ HITA
TECNÓLOGO DEL AGUA
PRESENTE

Por medio de la presente hago la entrega de muestras obtenidas de los colectores y pluviómetros correspondiente al primer recorrido de campo con la identificación siguiente:

Identificación de la muestra	Descripción	Fecha de recolección	Envase	
			60 mL	500 mL
IMTA Pluviómetro	Pluviómetro 1	03/11/2017	2	1
Observatorio CONAGUA	Pluviómetro 2	03/11/2017	2	1
Tres Cumbres	Pluviómetro 3	04/11/2017	2	1
Tetlama	Pluviómetro 4	03/11/2017	2	1
Observatorio CONAGUA	Colector 1	03/11/2017	2	1
Tres Marías	Colector 2	04/11/2017	2	1
Huitzilac	Colector 3	04/11/2017	2	1
Temixco	Colector 4	03/11/2017	2	1
Alpuyeca	Colector 5	03/11/2017	2	1
Fira	Colector 6	03/11/2017	2	1

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE


Ing. Dustin Silverio Mañón Flores
Supervisor de Servicios

Recibi muestras
Blanca J. Cantero Martinez
 06/11/2017

AVENIDA INSURGENTES SUR No. 586 Int. 201
COL. DEL VALLE NORTE DEL BENITO JUAREZ C.P. 03103 MEXICO D. F.
E-MAIL- grupoingenieria_iscr@live.com

Figura 166 Muestras entregadas a Laboratorio de Hidrología Isotópica el 06 de noviembre de 2017

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

GRUPO INGENIERIA CONSTRUCTOR ISCR, S.A. DE C.V.

Ciudad de México, a 20 de noviembre de 2017

**FÍSICO LUIS GONZÁLEZ HITTA
TECNÓLOGO DEL AGUA
PRESENTE**

Por medio de la presente hago la entrega de muestras obtenidas de los colectores y pluviómetros correspondiente al segundo recorrido de campo con la identificación siguiente:

Identificación de la muestra	Descripción	Fecha de recolección	Envase	
			60 mL	500 mL
IMTA Pluviómetro	Pluviómetro 1	17/11/2017	*1	-
Observatorio CONAGUA	Pluviómetro 2	17/11/2017	2	*1
Tres Cumbres	Pluviómetro 3	17/11/2017	-	-
Tetlama	Pluviómetro 4	17/11/2017	2	1
Observatorio CONAGUA	Colector 1	17/11/2017	2	*1
Tres Marías	Colector 2	17/11/2017	-	-
Huitzilac	Colector 3	17/11/2017	-	-
Temixco	Colector 4	17/11/2017	2	*1
Alpuyeca	Colector 5	17/11/2017	2	*1
Fira	Colector 6	17/11/2017	2	*1

-El colector no almaceno muestra por ausencia de lluvia.

*Muestra total acumulada en el colector.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE


Ing. Dustin Silverio Mañón Flores
Supervisor de Servicios

*Recibi muestras
Blanca J. Cortez Martínez
Blanca 20/11/2017*

AVENIDA INSURGENTES SUR No. 586 Int. 201
COL. DEL VALLE NORTE DEL. BENITO JUAREZ C.P. 03103 MEXICO D. F.
E-MAIL.- grupoingenieria_iscr@live.com

Figura 167 Muestras entregadas a Laboratorio de Hidrología Isotópica el 20 de noviembre de 2017

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

GRUPO INGENIERIA CONSTRUCTOR ISCR, S.A. DE C.V.

Ciudad de México, a 18 de diciembre de 2017

FÍSICO LUIS GONZÁLEZ HITA
TECNÓLOGO DEL AGUA
PRESENTE

Por medio de la presente hago la entrega de muestras obtenidas de los colectores y pluviómetros correspondiente al primer recorrido de campo con la identificación siguiente:

Identificación de la muestra	Descripción	Fecha de recolección	Envase	
			60 mL	500 mL
IMTA Pluviómetro	Pluviómetro 1	15/12/2017	-	-
Observatorio CONAGUA	Pluviómetro 2	15/12/2017	2	*1
Tres Cumbres	Pluviómetro 3	15/12/2017	*1	-
Tetlama	Pluviómetro 4	15/12/2017	*1	-
Observatorio CONAGUA	Colector 1	15/12/2017	2	*1
Tres Marías	Colector 2	15/12/2017	-	-
Huitzilac	Colector 3	15/12/2017	-	-
Temixco	Colector 4	15/12/2017	-	-
Alpuyeca	Colector 5	15/12/2017	-	-
Fira	Colector 6	15/12/2017	-	-

-El colector no almaceno muestra por ausencia de lluvia.

*Muestra total acumulada en el colector.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE


Ing. Dustin Silverio Mañón Flores
Supervisor de Servicios

*Recibi muestras
Blanca J. Cabrera Martinez
18/12/2017*


AVENIDA INSURGENTES SUR No. 586 Int. 201
COL. DEL VALLE NORTE DEL. BENITO JUAREZ C.P. 03103 MEXICO D. F.
E-MAIL- grupoingenieria_iscr@live.com

Figura 168 Muestras entregadas a Laboratorio de Hidrología Isotópica el 18 de diciembre de 2017

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 169 Muestras recibidas en el Laboratorio de Hidrología Isotópica el 06 de noviembre de 2017



Figura 170 Muestras recibidas en el Laboratorio de Hidrología Isotópica el 20 de noviembre de 2017

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 171 Muestras recibidas en el Laboratorio de Hidrología Isotópica el 18 de diciembre de 2017

6.7.- Ilustraciones de la toma de muestras



Figura 172 Muestras colectadas en FIRA, Tezoyuca

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 173 Muestras colectadas en Tres Marías



Figura 174 Muestras colectadas en Alpuyeca

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 175 Muestras colectadas en Observatorio CONAGUA



Figura 176 Muestras colectadas en Huitzilac

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 177 Muestras colectadas en Temixco

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

6.8.- Datos de lluvia registrados en el datalogger

Muestreo 1

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO IMTA 03-11-17

Date	High	Low	Mean	Days	Hours	Hi	Lo	Hours	Fall	Wet	Rain-
06/09	11.6			27/09					18/10		0.0
07/09	1.6			28/09	1.9				19/10		3.9
08/09	0.0			29/09	5.8				20/10		0.0
09/09	5.3			30/09		0.0			21/10		0.0
10/09	3.3			01/10		8.4			22/10		0.0
11/09	0.3			02/10		20.1			23/10		0.0
12/09	0.0			03/10		2.1			24/10		0.0
13/09	0.3			04/10		0.0			25/10		0.0
14/09	2.4			05/10		0.0			26/10		0.0
15/09	0.0			06/10		0.0			27/10		0.0
16/09	0.0			07/10		0.3			28/10		0.0
17/09	6.2			08/10		0.3			29/10		0.0
18/09	0.3			09/10		0.0			30/10		0.0
19/09	9.4			10/10		0.0			31/10		0.0
20/09	0.0			11/10		0.0			01/11		0.0
21/09	4.9			12/10		0.0			02/11		0.0
22/09	22.3			13/10		0.3			03/11		0.0
23/09	1.9			14/10		0.0					
24/09	13.8			15/10		0.0					
25/09		9.5		16/10		0.3				151.6 mm	
26/09		11.9		17/10		0.0					

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO OBSERVATORIO CONAGUA 03-11-17

_____ Temperature _____ Degree Chill		RH RH		Wet Rain-	
Date	High Time	Low Time	Mean Days	Hours Hi	Lo Hours Fall
06/09	0.9		27/09	20.9	18/10 0.0
07/09	0.0		28/09	3.7	19/10 0.3
08/09	0.0		29/09	10.4	20/10 0.0
09/09	0.0		30/09	23.7	21/10 0.0
10/09	0.0		01/10	7.6	22/10 0.0
11/09	3.0		02/10	2.1	23/10 0.9
12/09	11.5		03/10	14.0	24/10 0.0
13/09	0.3		04/10	11.8	25/10 0.0
14/09	12.7		05/10	0.0	26/10 0.0
15/09	0.5		06/10	0.3	27/10 0.0
16/09	16.3		07/10	0.0	28/10 0.0
17/09	22.7		08/10	0.0	29/10 0.0
18/09	1.2		09/10	0.0	30/10 0.0
19/09	7.2		10/10	0.0	31/10 0.0
20/09	2.2		11/10	0.0	01/11 0.0
21/09	5.0		12/10	4.9	02/11 0.6
22/09	18.4		13/10	2.8	03/11 6.7
23/09	0.9		14/10	0.0	
24/09	0.3		15/10	0.0	241.9 mm
25/09	27.3		16/10	0.0	
26/09	0.8		17/10	0.0	

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TETLAMA 03-11-17

_____ Temperature _____ Degree		Chill RH RH		Wet Rain-		
Date	High Time	Low Time	Mean Days	Hours Hi	Lo Hours	Fall
06/09	0.0		28/09	0.0	20/10	0.0
07/09	0.0		29/09	0.0	21/10	0.0
08/09	0.0		30/09	0.0	22/10	0.0
09/09	0.0		01/10	0.0	23/10	0.0
10/09	0.0		02/10	0.0	24/10	0.0
11/09	0.0		03/10	0.0	25/10	0.0
12/09	0.0		04/10	0.0	26/10	0.0
13/09	0.0		05/10	0.0	27/10	0.0
14/09	0.0		06/10	0.0	28/10	0.0
15/09	0.0		07/10	0.0	29/10	0.0
16/09	0.0		08/10	0.0	30/10	0.0
17/09	0.0		09/10	0.0	31/10	0.0
18/09	0.0		10/10	0.0	01/11	0.0
19/09	11.7		11/10	0.0	02/11	0.0
20/09	0.0		12/10	0.0	03/11	0.0
21/09	0.0		13/10	0.0		
22/09	0.0		14/10	0.0	11.7 mm	
23/09	0.0		15/10	0.0		
24/09	0.0		16/10	0.0		
25/09	0.0		17/10	0.0		
26/09	0.0		18/10	0.0		
27/09	0.0		19/10	0.0		

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TRES CUMBRES 03-11-17

Date	High	Time	Low	Time	Mean	Days	Hours	Hi	Lo	Hours	Fall
06/09	0.3					04/10		0.6		01/11	0.0
07/09	0.0					05/10		18.3		02/11	1.1
08/09	0.0					06/10		0.3		03/11	0.3
09/09	0.0					07/10		0.0		132.2 mm	
10/09	0.0					08/10		57.3			
11/09	0.0					09/10		0.0			
12/09	0.0					10/10		0.0			
13/09	0.0					11/10		0.5			
14/09	0.0					12/10		2.1			
15/09	2.1					13/10		0.3			
16/09	0.0					14/10		5.6			
17/09	0.0					15/10		0.3			
18/09	0.0					16/10		0.0			
19/09	0.3					17/10		0.0			
20/09	0.6					18/10		0.0			
21/09	0.0					19/10		0.0			
22/09	0.0					20/10		4.3			
23/09	0.0					21/10		33.8			
24/09	0.0					22/10		0.0			
25/09	0.3					23/10		0.0			
26/09	0.8					24/10		0.0			
27/09	0.3					25/10		2.0			
28/09	0.0					26/10		0.0			
29/09	0.0					27/10		0.0			
30/09	0.0					28/10		0.0			
01/10	0.0					29/10		0.0			
02/10	1.0					30/10		0.0			
03/10	0.0					31/10		0.0			

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Muestreo 2

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO IMTA 17-11-17

Date	High Time	Low Time	Mean Days	Hours Hi	Lo Hours	Fall
03/11			0.3			
04/11			0.0			
05/11			0.0			
06/11			0.0			
07/11			0.0			
08/11			0.0			
09/11			0.0			
10/11			0.0			
11/11			0.3			
12/11			0.8			
13/11			0.0			
14/11			0.0			
15/11			0.0			
16/11			0.0			
17/11			0.0			

0.9 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO OBSERVATORIO CONAGUA 17-11-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

03/11				6.7					
04/11				0.0					
05/11				2.3					
06/11				2.9					
07/11				4.3					
08/11				19.0					
09/11				8.9					
10/11				8.5					
11/11				0.6					
12/11				1.1					
13/11				0.0					
14/11				0.0					
15/11				6.9					
16/11				2.9					
17/11				0.0					

64.1 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TETLAMA 17-11-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

03/11				4.9					
04/11				0.0					
05/11				0.0					
06/11				0.0					
07/11				9.9					
08/11				1.5					
09/11				4.2					
10/11				4.1					
11/11				1.8					
12/11				0.8					
13/11				0.0					
14/11				0.0					
15/11				0.5					
16/11				2.8					
17/11				0.0					

30.5 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TRES CUMBRES 17-11-17

Date	High	Time	Low	Time	Mean	Days	Hours	Hi	Lo	Hours	Fall
03/11					0.3						
04/11					0.0						
05/11					0.0						
06/11					0.0						
07/11					0.0						
08/11					0.0						
09/11					0.0						
10/11					0.0						
11/11					0.0						
12/11					0.0						
13/11					0.0						
14/11					0.0						
15/11					0.0						
16/11					0.0						
17/11					0.0						

0.3 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Muestreo 3

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO IMTA 01-12-17

Date	High Time	Low Time	Mean Days	Hours Hi	Lo	Hours Fall
17/11			0.0			
18/11			0.0			
19/11			0.0			
20/11			0.0			
21/11			0.0			
22/11			0.0			
23/11			0.0			
24/11			0.0			
25/11			0.0			
26/11			0.0			
27/11			0.0			
28/11			0.0			
29/11			0.0			
30/11			0.0			
01/12			0.0			

0.0 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO OBSERVATORIO CONAGUA 01-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

17/11				0.0					
18/11				0.0					
19/11				0.0					
20/11				0.0					
21/11				0.0					
22/11				0.0					
23/11				0.0					
24/11				0.0					
25/11				0.0					
26/11				0.0					
27/11				0.0					
28/11				0.0					
29/11				0.0					
30/11				0.0					
01/12				0.0					

0.0 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TETLAMA 01-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date	High	Time	Low	Time	Mean	Days	Hours	Hi	Lo	Hours	Fall
17/11					0.0						
18/11					0.0						
19/11					0.0						
20/11					0.0						
21/11					0.0						
22/11					0.0						
23/11					0.0						
24/11					0.0						
25/11					0.0						
26/11					0.0						
27/11					0.0						
28/11					0.0						
29/11					0.0						
30/11					0.0						
01/12					0.0						

0.0 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TRES CUMBRES 01-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

17/11				0.0
18/11				0.0
19/11				0.0
20/11				0.0
21/11				0.0
22/11				0.0
23/11				0.0
24/11				0.0
25/11				0.0
26/11				0.0
27/11				0.0
28/11				0.0
29/11				0.0
30/11				0.0
01/12				0.0

0.0 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Muestreo 4

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO IMTA 15-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

02/12				0.0					
03/12				0.0					
04/12				0.0					
05/12				0.0					
06/12				0.0					
07/12				0.0					
08/12				0.0					
09/12				0.0					
10/12				0.0					
11/12				0.0					
12/12				0.0					
13/12				0.0					
14/12				0.0					
15/12				0.0					

0.0 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO OBSERVATORIO CONAGUA 15-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

02/12				0.0
03/12				0.0
04/12				0.0
05/12				0.0
06/12				0.0
07/12				0.0
08/12				0.0
09/12				5.8
10/12				9.1
11/12				0.3
12/12				0.0
13/12				0.0
14/12				0.0
15/12				0.0

15.2 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TETLAMA 15-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

01/12				0.0
02/12				0.0
03/12				0.0
04/12				0.0
05/12				0.0
06/12				0.0
07/12				0.0
08/12				0.0
09/12				0.0
10/12				0.6
11/12				0.0
12/12				0.0
13/12				0.0
14/12				0.0
15/12				0.0

0.6 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TRES CUMBRES 15-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

01/12				0.0
02/12				0.0
03/12				0.0
04/12				0.0
05/12				0.0
06/12				0.0
07/12				0.0
08/12				0.0
09/12				0.5
10/12				0.3
11/12				0.0
12/12				0.0
13/12				0.0
14/12				0.0
15/12				0.0

0.8 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Muestreo 5

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO IMTA 29-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

16/12				0.0					
17/12				0.0					
18/12				0.0					
19/12				0.0					
20/12				0.0					
21/12				0.0					
22/12				0.0					
23/12				0.0					
24/12				0.0					
25/12				0.0					
26/12				0.0					
27/12				0.0					
28/12				0.0					
29/12				0.0					

0.0 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO OBSERVATORIO CONAGUA 29-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

16/12				0.0					
17/12				0.0					
18/12				0.0					
19/12				0.0					
20/12				0.0					
21/12				0.0					
22/12				0.0					
23/12				0.0					
24/12				0.0					
25/12				0.0					
26/12				0.0					
27/12				0.0					
28/12				0.0					
29/12				0.0					

0.0 mm

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TETLAMA 29-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

15/12				0.0
16/12				0.0
17/12				0.0
18/12				0.0
19/12				0.0
20/12				0.0
21/12				0.0
22/12				0.0
23/12				0.0
24/12				0.0
25/12				0.0
26/12				0.0
27/12				0.0
28/12				0.0
29/12				0.0

0.0 mm

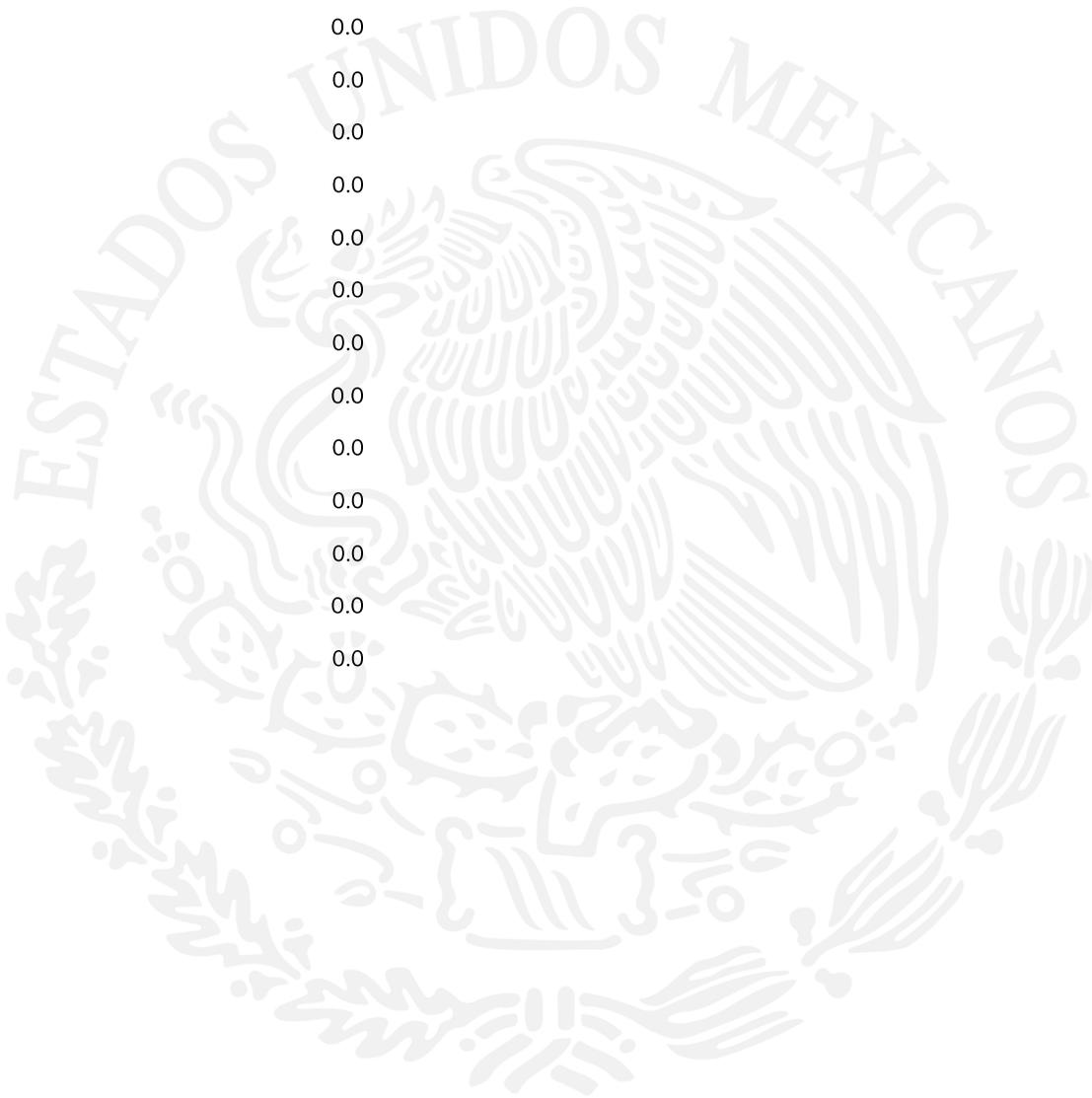
“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

SpecWare 9 Basic PLUVIÓMETRO TRES CUMBRES 29-12-17

_____ Temperature _____ Degree Chill RH RH Wet Rain-

Date High Time Low Time Mean Days Hours Hi Lo Hours Fall

15/12				0.0					
16/12				0.0					
17/12				0.0					
18/12				0.0					
19/12				0.0					
20/12				0.0					
21/12				0.0					
22/12				0.0					
23/12				0.0					
24/12				0.0					
25/12				0.0					
26/12				0.0					
27/12				0.0					
28/12				0.0					
29/12				0.0					



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

10.- CONCLUSIONES

1.- Red nacional de monitoreo de la composición isotópica de la precipitación pluvial.

Para habilitar la parte instrumental y poner en operación la red nacional de monitoreo de la composición isotópica de la precipitación pluvial, se concluyó lo siguiente:

- Instalación de la unidad de enriquecimiento de tritio (TEU) en el laboratorio de hidrología isotópica.
- Puesta en operación de la unidad de enriquecimiento de tritio (TEU) en el laboratorio de hidrología isotópica.
- Instalación de 13 colectores de la precipitación pluvial (Figura 53) en los Observatorios Meteorológicos de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CGSMN-CONAGUA) y en el Organismo de Cuenca, de la Península de Baja California (OCPBC).
- Capacitación del personal encargado de cada uno de los observatorios y del organismo de cuenca, para la obtención apropiada de las muestras de lluvia, así como, su preparación de las muestras para el envío al laboratorio de hidrología isotópica de la Institución.

2.- Composición de isótopos estables y tritio ambiental de muestras mensuales de lluvia obtenidas en los colectores instalados.

Se generaron resultados de la red adjunta experimental en el acuífero Cuernavaca (Figura 150) de la composición de isótopos estables y tritio ambiental de muestras mensuales de lluvia (Figura 129) obtenidas en los colectores instalados, debido a que la red nacional de monitoreo de la composición isotópica de la precipitación pluvial quedó concluida en la temporada de estiaje.

Se llevaron a cabo 5 muestreos en el acuífero de Cuernavaca para la obtención de agua de lluvia de los dispositivos pluviométricos ampliamente distribuidos en todo el acuífero.

3.- Base de datos de la isotopía de la lluvia de las provincias de precipitación pluvial (Figura 104) de la República Mexicana.

Se elaboró la base de datos de la isotopía de la lluvia (de la Tabla 5 a la Tabla 8) con los resultados de los análisis de las muestras de lluvia, obtenidas de los dispositivos pluviométricos de la red experimental nacional del monitoreo de los isótopos estables y de tritio ambiental de la precipitación pluvial del acuífero Cuernavaca (Figura 150),

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

misma que será integrada a la base de datos de la isotopía de la lluvia de las provincias de precipitación pluvial de la República Mexicana.



“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

11.- BIBLIOGRAFÍA

- Kainz, G. G. (26 de Oct de 2017). *Dropbox*. Obtenido de https://www.dropbox.com/sh/6uck1q52tyk6tuj/AABr8cg1i9L_kMMNojXK_iMHa?dl=0
- Kainz, G. G. (26 de Oct de 2017). *Dropbox Complemento rack*. Obtenido de https://www.dropbox.com/sh/ptzwoqqaqybe5ox/AABn2Aq1gjEb1opl_tjHDtura?dl=0
- OIEA. (3 de Nov de 2017). *IAEA Celda*. Obtenido de <http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/teu-tutorial/cell-structure.html>
- OIEA. (3 de Nov de 2017). *IAEA ensamble*. Obtenido de <http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/teu-tutorial/populating-the-rack.html>
- OIEA. (3 de Nov de 2017). *IAEA Rack*. Obtenido de <http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/teu-tutorial/assembling.html>
- Page J., 1929, “Climate of Mexico”, Monthly Weather Review, United States Department of Agriculture.