

Sistema de Alerta Sísmica Mexicano, SASMEX®

Desempeño durante el sismo M7.4 de junio 23 de 2020

El 23 de junio de 2020 a las 10:29:02 horas (tiempo del centro de México), se registró un sismo en las costas de Oaxaca, a 23 km al sur de Crucecita, Oax., de **magnitud 7.4**, en las coordenadas 15.57 latitud norte y 96.09 longitud oeste, a 5 km de profundidad, **Figura 1**, según datos proporcionados por el Servicio Sismológico Nacional (<http://www.ssn.unam.mx/>).

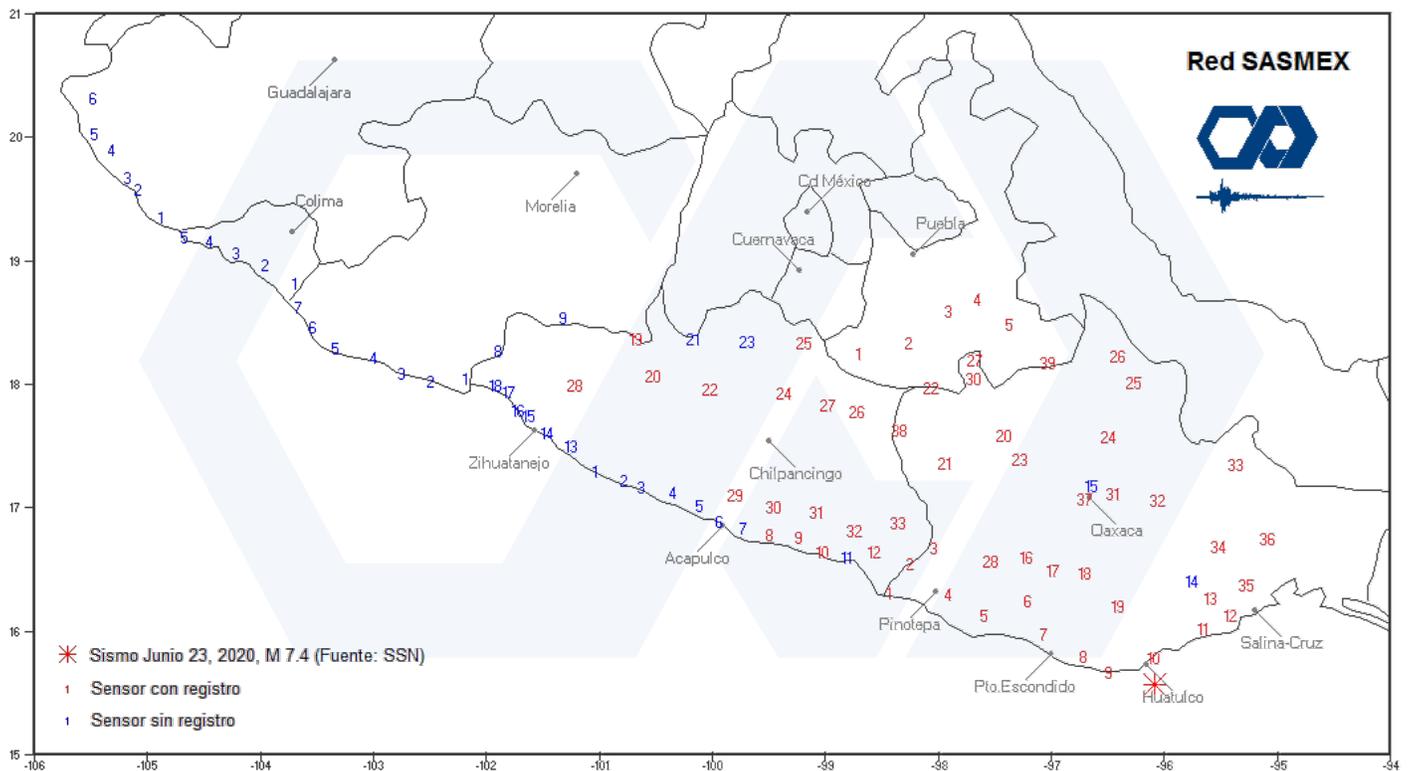


Figura 1.- Epicentro del sismo M7.4 de junio 23 de 2020 y sensores del SASMEX que lo registraron.

El Sistema de Alerta Sísmica Mexicano registró el sismo en 58 de los 96 sensores que componen su Red de Monitoreo, como se observa en la **Figura 1**. De la **Figura 2** a la **Figura 9** se muestran las gráficas de aceleración de los sensores del SASMEX más cercanos a la fuente sísmica.



Registros del sismo M7.4, de junio 23 de 2020, obtenidos por algunas de las estaciones del SASMEX próximas al epicentro

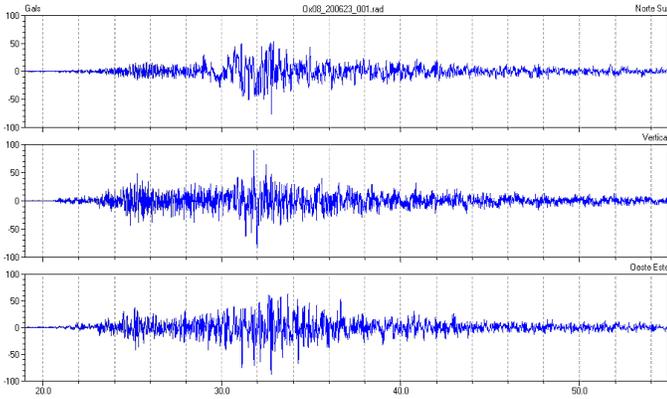


Figura 2.- OX08, Rivera de Tonameca, 42208

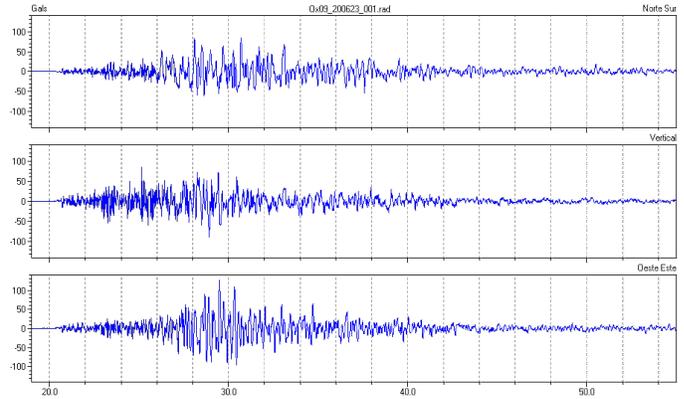


Figura 3.- OX09, Puerto Ángel, 42209

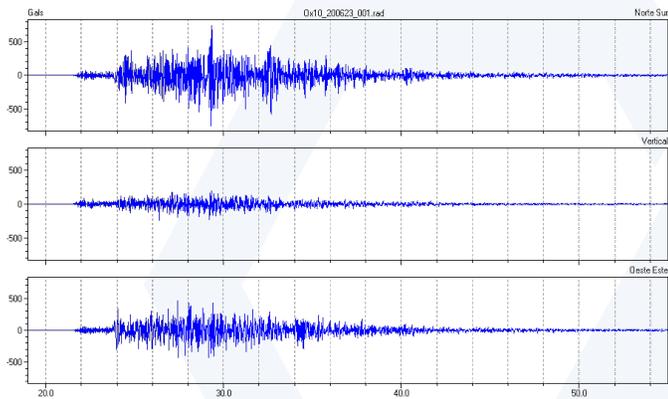


Figura 4.- OX10, Tangolunda, 42210

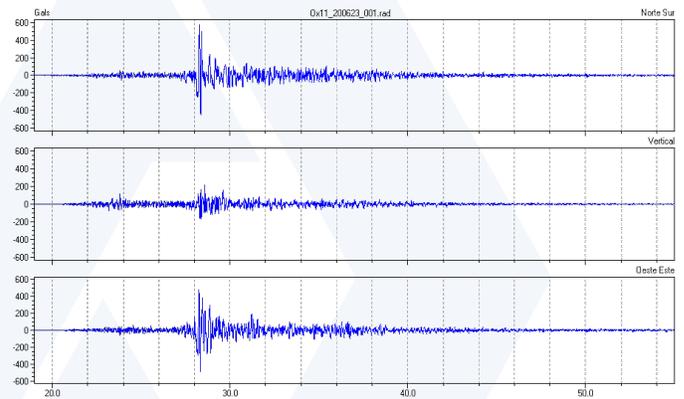


Figura 5.- OX11, Huamelula, 42211

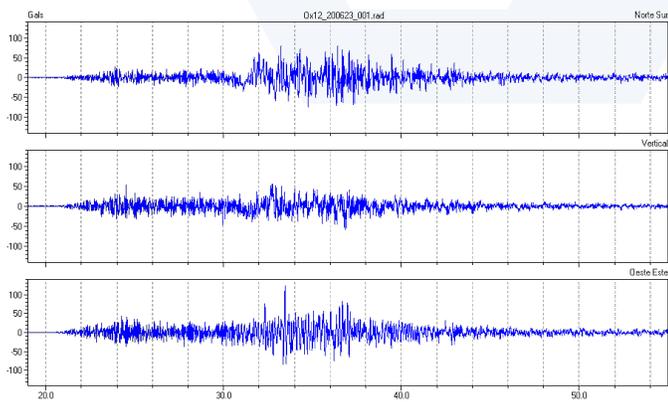


Figura 6.- OX12, Mazatán, 42212

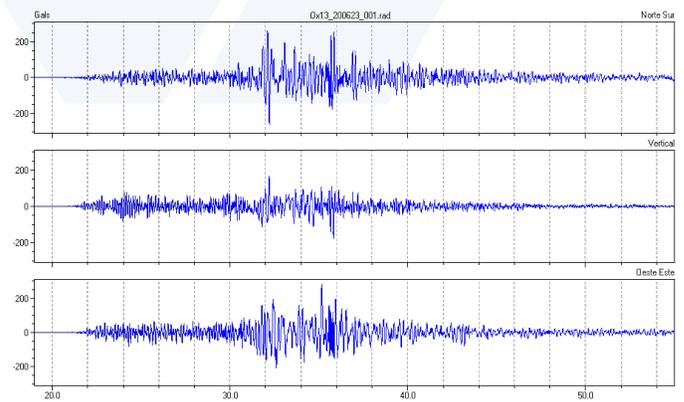


Figura 7.- OX13, Tenango, 42213

Registros del sismo M7.4, de junio 23 de 2020, obtenidos por algunas de las estaciones del SASMEX próximas al epicentro

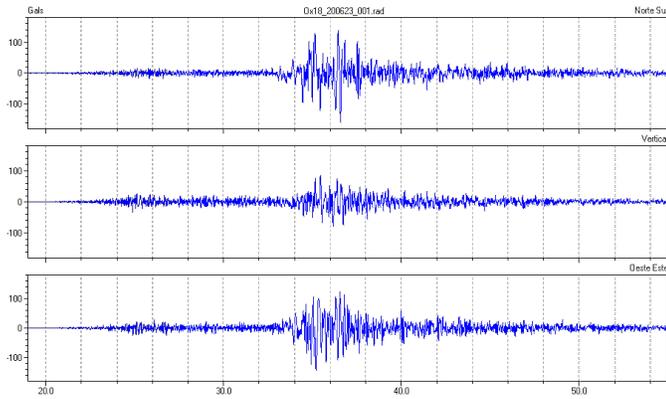


Figura 8.- OX18, Guixe, 42218

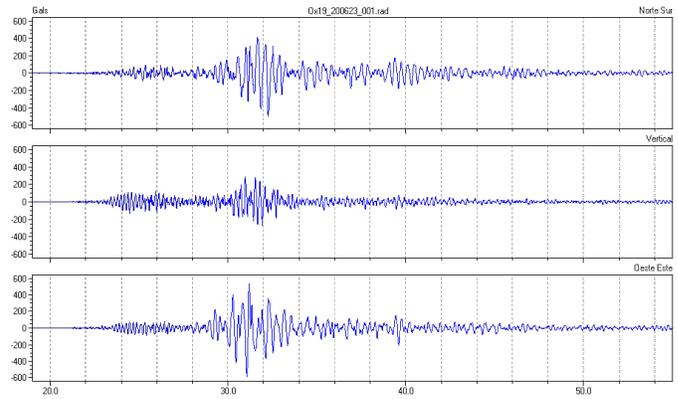


Figura 9.- OX19, Cieneguilla, 42219

De los registros obtenidos destacan, entre otras, las aceleraciones pico máximas que se obtuvieron en Ox10, con 754 Gals, y Ox19 con 584 Gals, como se muestra en la **Tabla 1**.

| Sensor | Distancia, km | Pico absoluto máximo, Gal | | |
|--------|---------------|---------------------------|-----|-------|
| | | N - S | Ve | O - E |
| Ox10 | 23 | 754 | 237 | 463 |
| Ox09 | 45 | 84 | 88 | 126 |
| Ox11 | 67 | 570 | 212 | 489 |
| Ox19 | 79 | 499 | 283 | 584 |
| Ox08 | 72 | 76 | 89 | 88 |
| Ox13 | 93 | 260 | 177 | 278 |
| Ox12 | 94 | 79 | 57 | 121 |
| Ox18 | 120 | 158 | 85 | 143 |

Tabla 1.- Aceleraciones máximas registradas en los sensores del SASMEX más cercanos al foco del sismo M7.4 de junio 23 de 2020.

De acuerdo con sus coordenadas, la distancia al foco y los tiempos de arribo aproximados de las principales ondas sísmicas a algunas ciudades es la que se indica en la **Tabla 2**.

| Ciudad | Distancia, km | Tiempo de Viaje (segundos) | |
|--------------------------------|---------------|----------------------------|------------|
| | | P (8 km/s) | S (4 km/s) |
| Oaxaca de Juárez, Oax | 178 | 22 | 45 |
| Chilpancingo de los Bravo, Gro | 425 | 53 | 106 |
| Acapulco, Gro | 430 | 54 | 108 |
| Puebla de los Ángeles, Pue | 446 | 56 | 112 |
| Cuatla, Morelos | 470 | 59 | 118 |
| Pto Veracruz, Ver | 470 | 59 | 118 |
| Tlaxcala, Tlax | 473 | 59 | 118 |
| Cuernavaca, Morelos | 500 | 63 | 125 |
| CdMx | 537 | 67 | 134 |
| Toluca, Edo México | 559 | 70 | 140 |
| Morelia, Michoacán | 708 | 89 | 177 |

Tabla 2.- Distancia del foco del sismo M7.4 a algunas ciudades del País.

La **Figura 10** muestra los registros de aceleración de los sensores **Ox10** y **Ox09** que activaron la señal de **“Alerta Pública”** en las ciudades que utilizan los avisos del SASMEX para alertar a su población. En esta figura se muestran detalles de los registros en sus 3 ejes de medición: Norte – Sur, Vertical y Oeste – Este. Las marcas verticales indican los instantes críticos del procesamiento de la señal sísmica y de sus avisos de advertencia.

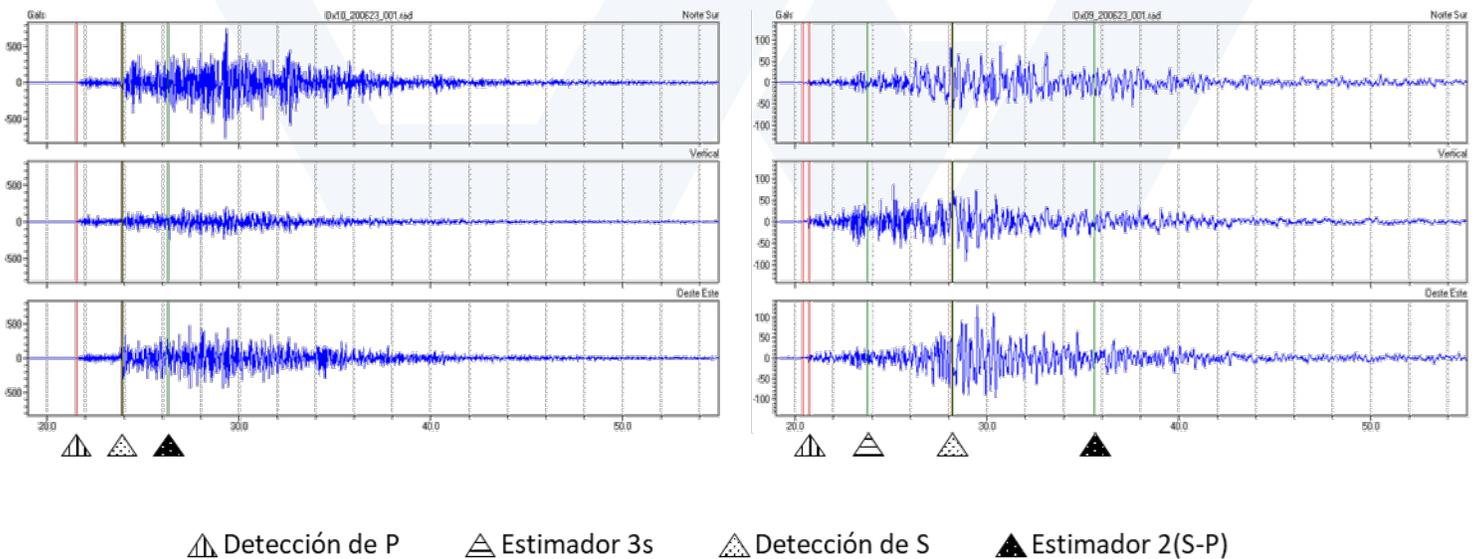


Figura 10.- Registros del sismo M7.4 en sensores del SASMEX que activaron el aviso de Alerta Sísmica, indicando los instantes en que se detectan las fases y se transmiten los resultados de los estimadores de magnitud a las Centrales del SASMEX durante el sismo M7.4 de junio 23 de 2020.

Conforme los sensores reconocen las fases del sismo, calculan la energía que desarrolla y transmiten a las Centrales del SASMEX el resultado del procesamiento con mensajes breves a través de ondas de radio. Durante el análisis se utilizan tres algoritmos de detección que emiten estimadores de la posible magnitud del sismo a partir de la energía observada:

- **Algoritmo 3s.** Inicia su función cuando detecta el arranque del movimiento (“*Detección P*” en la **Figura 3**) y al transcurrir 3 segundos emite un estimador para advertir que tan grande podría ser (“*Estimador 3s*” en la **Figura 10**). Se trata de un algoritmo de análisis rápido y tiempo fijo cuyo objetivo es advertir a poblaciones que se encuentren próximas a la fuente sísmica, hasta 250 km de distancia respecto del sensor que avisa, pero que evalúa tan solo una fracción del sismo que podría no ser significativa, por lo que su grado de certeza podría no ser muy alto. Este algoritmo, sin embargo, ha resultado efectivo para advertir de sismos intraplaca con foco profundo o intermedio que se originan en el centro y norte del Estado de Oaxaca, por lo que se habilitó, bajo ciertas condiciones, para operar únicamente dentro de la región que se muestra sombreada en la **Figura 11**, aun cuando todos los sensores del SASMEX lo calculan y avisan con fines de evaluación.

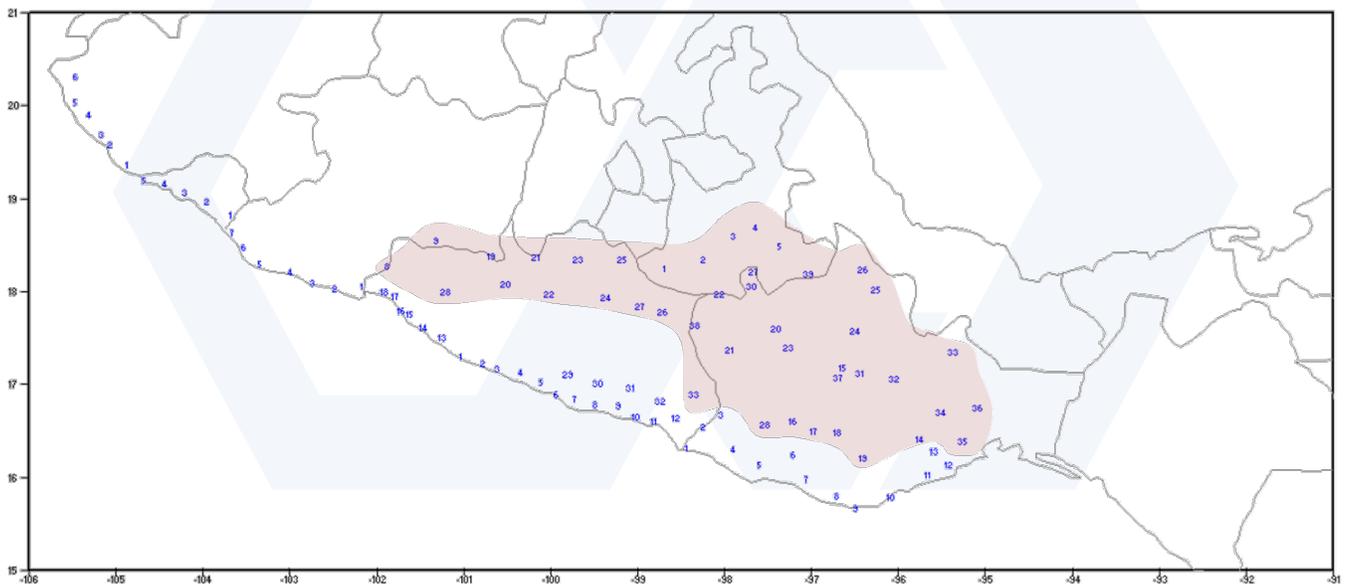


Figura 11.- Región de los sensores del SASMEX habilitados para activar avisos de alerta sísmica utilizando *Algoritmo 3s*.

- **Algoritmo SP.** Está en función del contenido de frecuencias y energía que se observa durante toda la fase P. El resultado se transmite a los Centros de Control del SASMEX cuando el algoritmo de “*Detección de Fase*” avisa que está iniciando la onda S del sismo (“*Detección de S*” en la **Figura 10**). Se trata de un proceso de análisis de tiempo variable que depende de la distancia del foco al sensor que está midiendo. Este algoritmo está activo en todas las Centrales del SASMEX y permite, a las ciudades que se encuentren hasta 350 km de distancia del primer sensor que avisa del sismo, generar un aviso de alerta si fuera necesario.

- Algoritmo 2(S-P).** Evalúa la energía desarrollada por el sismo desde el inicio de la fase P (“*Detección P*” **Figura 10**) hasta una parte representativa de la fase S. El tiempo de análisis total se calcula como el doble del tiempo que tardó en llegar la fase S al sensor (“*Detección de S*” **Figura 10**) menos el tiempo de arribo de la fase de inicio P (“*Detección P*”), por lo cual se le conoce como “**Algoritmo 2(S-P)**”. Por su diseño, este algoritmo tarda más en emitir un estimador porque observa por mayor tiempo la evolución del sismo, por lo que se espera que su valoración sea más certera tratándose de sismos fuertes. El algoritmo está activo en todas las Centrales del SASMEX y dispara la señal de Alerta Sísmica si los sensores evalúan que podría tratarse de un sismo fuerte, de magnitud igual o mayor a 6.

La **Tabla 3** muestra el registro de sucesos, generado automáticamente por el sistema, de los primeros 10 segundos de análisis del SASMEX a partir de la detección. De acuerdo con el **SSN**, el sismo se originó a las 10:29:02 pero sus efectos se reportaron por el sensor más cercano 8 segundos después, a las 10:29:10 (renglón 1, **Tabla 3**), indicando que estaba en presencia de un sismo potencialmente fuerte, por lo que, a esa hora, las Centrales del SASMEX iniciaron el estado de “**Prealerta**” (renglón 2, **Tabla 3**), que significa que permanecerían atentas por un tiempo determinado para ver si otro sensor próximo confirmaba la presencia de un sismo fuerte. Durante algunos segundos, varios sensores cercanos notificaron que estaba ocurriendo un sismo, pero no tenían suficiente información del efecto para que pudieran evaluarlo con los algoritmos habilitados para esa región del País (renglones 4 a 7, **Tabla 3**). Finalmente, 8 segundos después de que arribó el efecto sísmico al sensor Ox09, éste confirmó que se trataba de un sismo fuerte (renglón 8, **Tabla 3**), por lo que a las 10:29:19, todas las Centrales del SASMEX decidieron transmitir avisos de Alerta Sísmica para la población.

| | 23/jun/2020 Hora | Sensor | Nombre | Algoritmo | Mensaje |
|----|---------------------|--------|--------------|-----------|------------------|
| 1 | 10:29:10.1 | Ox10 | Tangolunda | SP | M>6.5 |
| 2 | 10:29:10.2 | | SASMEX | | Inicia Prealerta |
| 3 | 10:29:12.4 | Ox10 | Tangolunda | 2SP | M>6.5 |
| 4 | 10:29:15.5 | Ox09 | Puerto Angel | 3s | M>6.5 |
| 5 | 10:29:17.0 | Ox19 | Cieneguilla | 3s | M>5.5 |
| 6 | 10:29:17.7 | Ox11 | Huamelula SP | 3s | M>5.5 |
| 7 | 10:29:18.4 | Ox08 | Riv Tonameca | 3s | M>5.5 |
| 8 | 10:29:19.7 | Ox09 | Puerto Angel | SP | M>6.5 |
| 9 | 10:29:19.8 | | Central Oax | | Alerta Sísmica |
| 10 | 10:29:19.8 | | Central Méx | | Alerta Sísmica |
| 11 | 10:29:19.9 | | Central Chi | | Alerta Sísmica |
| 12 | 10:29:20.0 | | Central Aca | | Alerta Sísmica |
| 13 | 10:29:20.0 | | Central Mor | | Alerta Sísmica |
| 14 | 10:29:20.1 | | Central Pue | | Alerta Sísmica |

Tabla 3.- Primeros 10 segundos de la bitácora del SASMEX para el sismo M7.4 de junio 23 de 2020.



La **Figura 12** muestra gráficamente la historia de los sucesos descritos. El sismo se originó a las 10:29:02, como lo indica la línea vertical roja al inicio de la gráfica. La línea vertical azul indica el instante en que las Centrales del SASMEX deciden transmitir el aviso de **Alerta Sísmica**, a las 10:29:19, según se anota también en la **Tabla 3**, renglones 9 en adelante. La gráfica ilustra el tiempo que tardan en llegar los efectos a cada sensor y, para apreciar mejor la intensidad con la que se percibe en cada sitio, todas las trazas se muestran a la misma escala. La **Figura 13** y **Figura 14** describen los mismos sucesos pero con orientación Vertical y Oeste – Este, de acuerdo a los ejes de muestreo de cada estación.



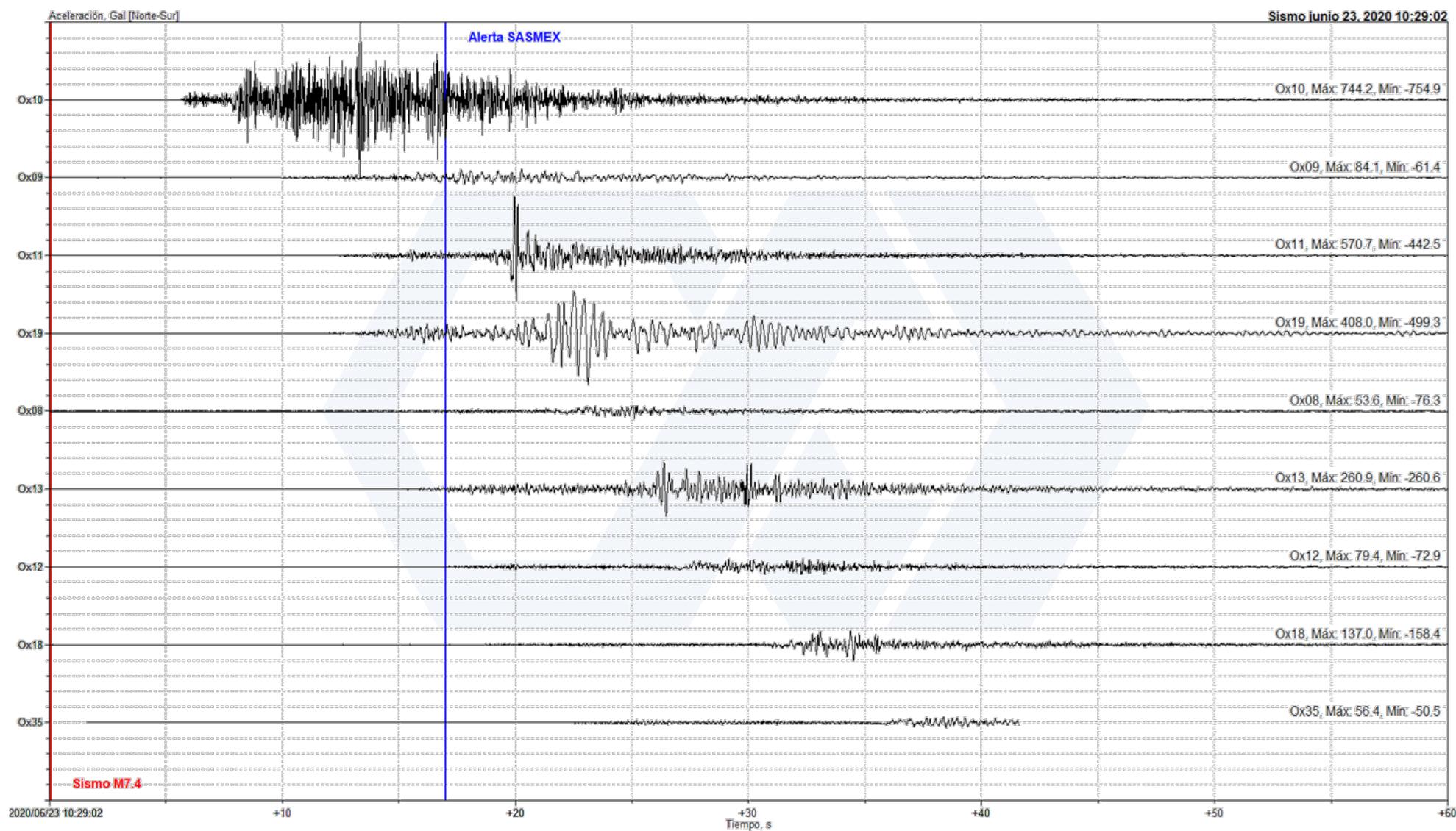


Figura 12.- Historia gráfica de los sucesos del sismo M7.4 de junio 23 de 2020, eje Norte – Sur.

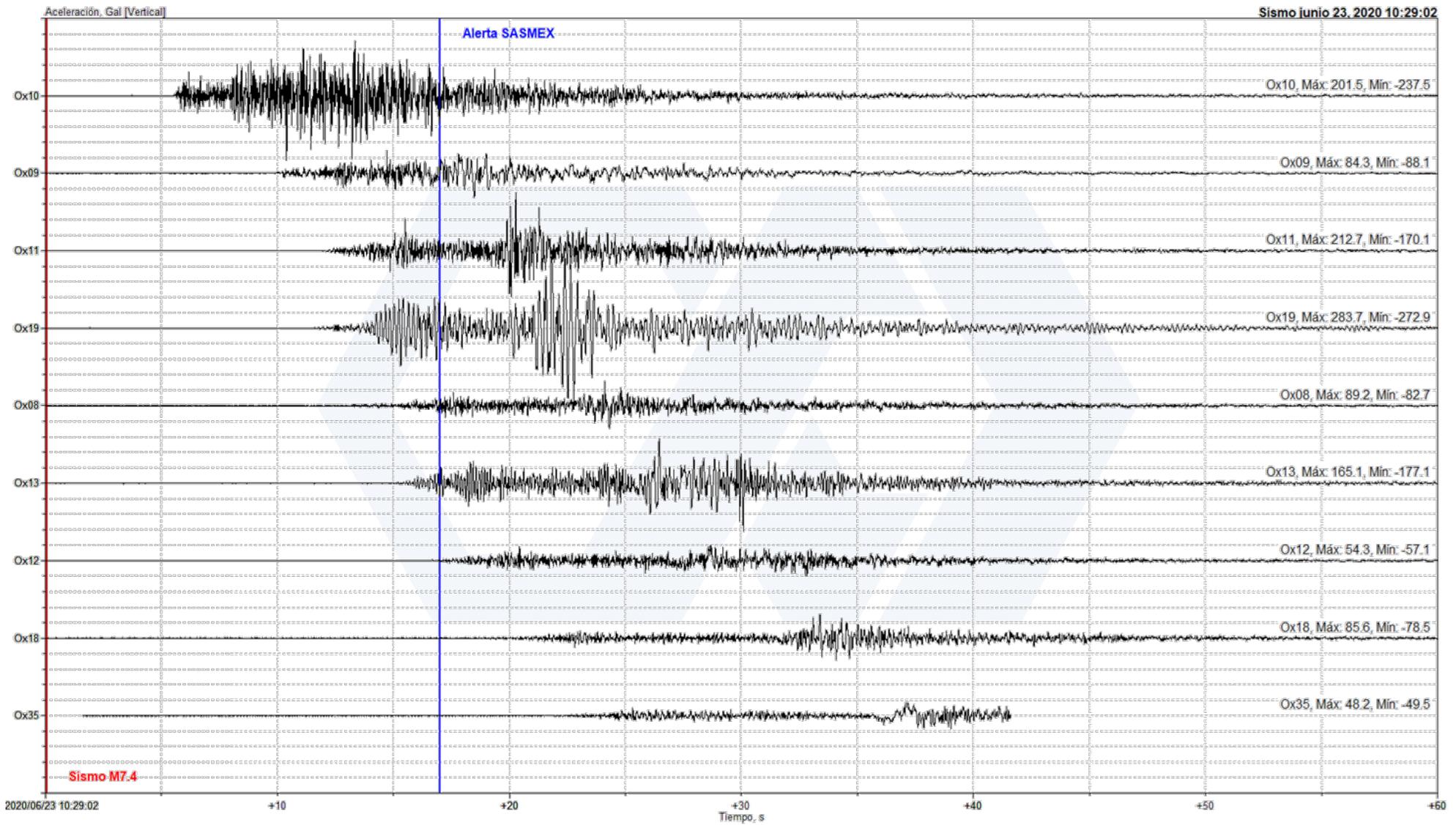


Figura 13.- Historia gráfica de los sucesos del sismo M7.4 de junio 23 de 2020, eje Vertical.

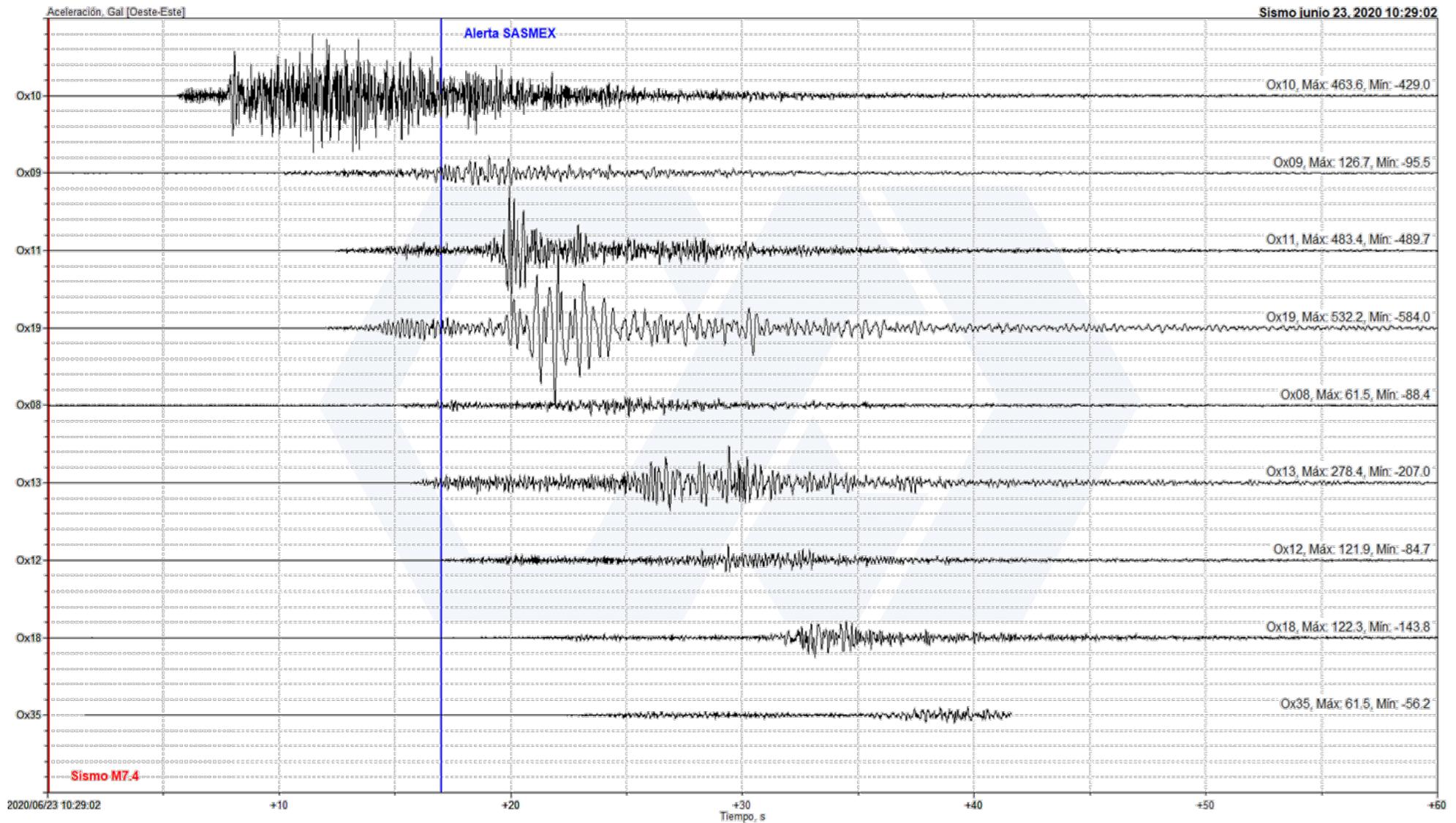


Figura 14.- Historia gráfica de los sucesos del sismo M7.4 de junio 23 de 2020, eje Oeste – Este.



Cuando dos sensores próximos del SASMEX notifican la ocurrencia de un sismo en un lapso dado, el sistema transmite mensajes cifrados a diversos programas de cómputo, conocidos como aplicaciones o *apps*, que se enlazan al sistema través de Internet. En general, las *apps* informan al usuario que se detectó un sismo y, si los mensajes se reciben con oportunidad, se mostrará en la pantalla del espectador una simulación de la propagación de sus dos fases principales, conocidas como ondas P y S. Las **Figura 15** y **Figura 16** muestran dos de las aplicaciones que el CIRES ha desarrollado para mantener informados a las autoridades y al público.



Figura 15.- Monitor SASMEX: aplicación que normalmente se muestra permanentemente en la pantalla.

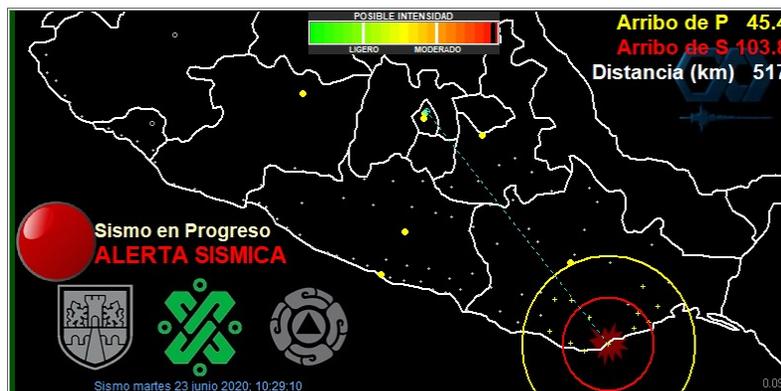


Figura 16.- POP – SASMEX: aplicación que corre en segundo plano y se muestra automáticamente solo cuando se detecta un sismo.

Algunos segundos después de que el SASMEX registra un sismo, genera automáticamente un informe que envía por correo electrónico a sus suscriptores. La activación de algún aviso de Alerta Sísmica se consigna en el mismo documento, si fuera el caso, y se incluye una tabla de distancia y tiempos aproximados de anticipación a cada una de las ciudades en donde se emitió el aviso. La **Figura 17** muestra uno de los reportes que se difundió automáticamente para este sismo. En éste se anotan Fecha, Hora y Centrales que activaron avisos de alerta según lo descrito. Los datos de “Distancia” y “Tiempos de Anticipación” que se anotan son preliminares y se calculan asumiendo que el epicentro se localiza próximo al primer sensor que lo notificó, datos que se corrigen posteriormente cuando el Servicio Sismológico Nacional calcula y difunde los parámetros de localización del evento.

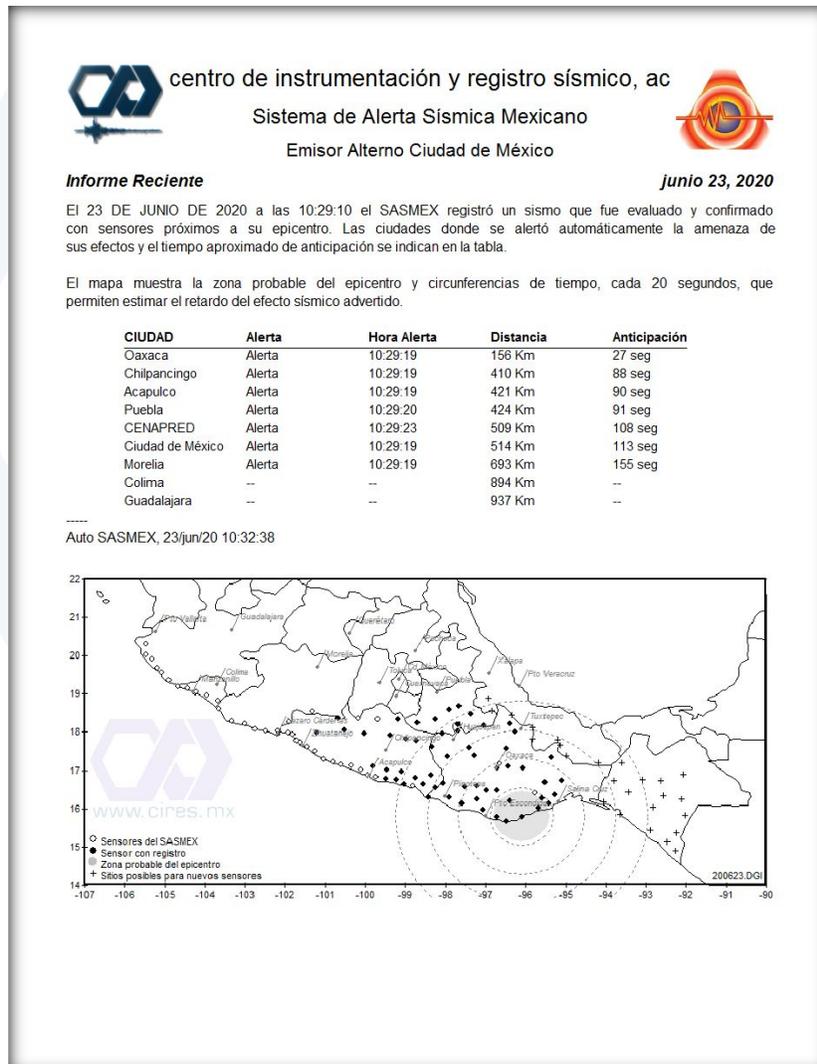


Figura 17.- Informe automático generado por el SASMEX durante el sismo M7.4 de junio 23 de 2020.

De la **Figura 18** a **Figura 20** se muestran los registros de algunos de los sensores del SASMEX que registraron el sismo en cuestión y de las Centrales del sistema en donde se activó la alerta o que registraron sus efectos. El inicio de la gráfica marca el instante en que se originó el sismo, a las 10:29:02, y la línea vertical azul la hora de transmisión del aviso de “**Alerta Sísmica**” en las ciudades donde se utilizó la función del SASMEX. El tiempo de anticipación del aviso de alerta, respecto del inicio de la fase intensa del sismo en cada lugar alertado, se indica sobre las líneas horizontales rojas y corresponde a: 28 segundos en Oaxaca, Oax.; 80 y 85 segundos en Acapulco y Chilpancingo, Gro., respectivamente; 90 segundos en Puebla; 130 segundos en la ciudad de México; 188 segundos en Morelia, Mich.; y 238 segundos en Colima, Col., pero hay que decir que en las ciudades de Colima, Col., y Guadalajara, Jal., no hay transmisores ni receptores de los avisos de Alerta.





centro de instrumentación y registro sísmico, ac

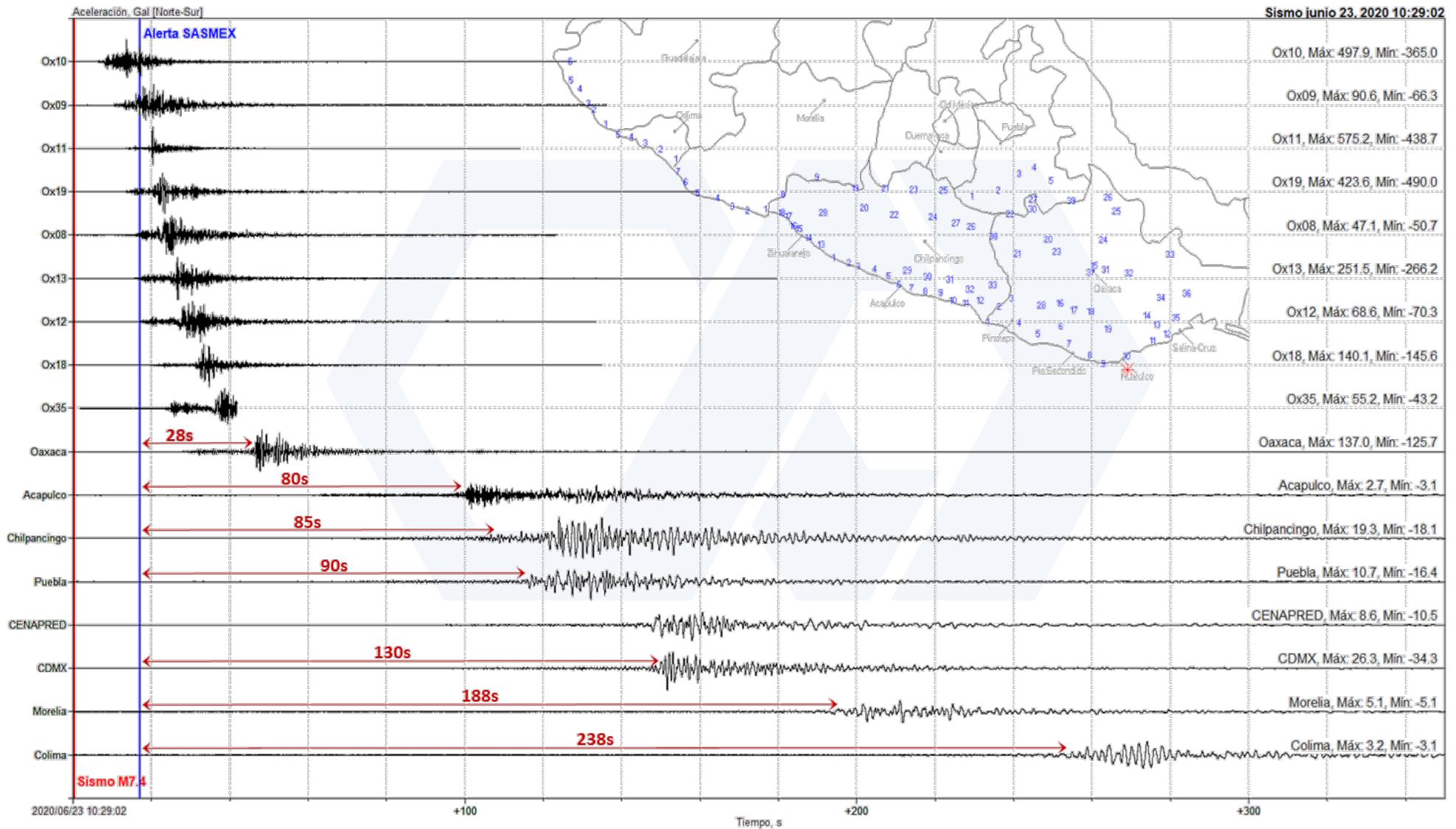


Figura 18.- Desempeño del SASMEX y tiempos de anticipación a ciudades que utilizan sus avisos de Alerta Sísmica. Eje Norte – Sur.



centro de instrumentación y registro sísmico, ac

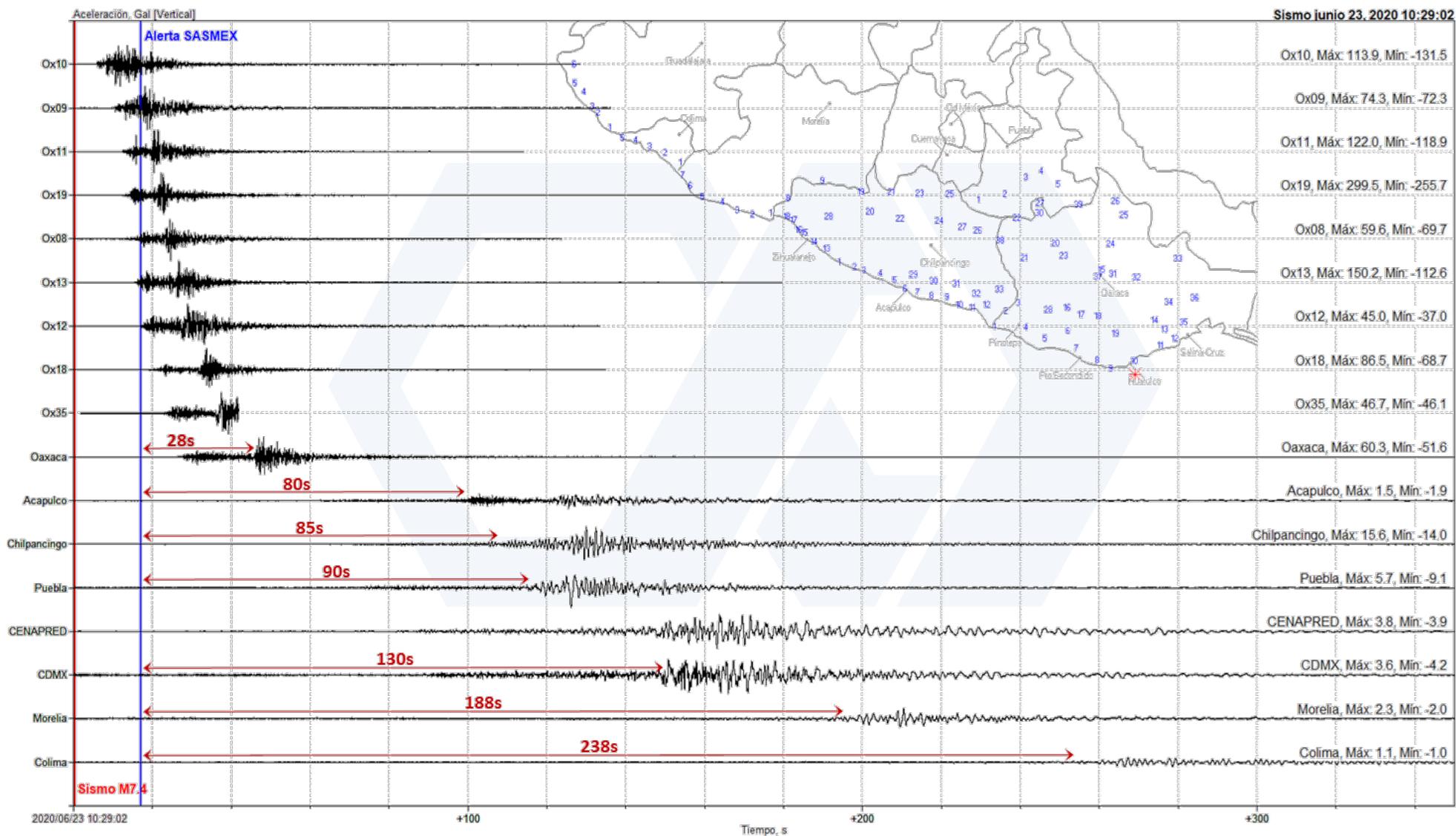


Figura 19.- Desempeño del SASMEX y tiempos de anticipación a ciudades que utilizan sus avisos de Alerta Sísmica. Eje Vertical.



centro de instrumentación y registro sísmico, ac

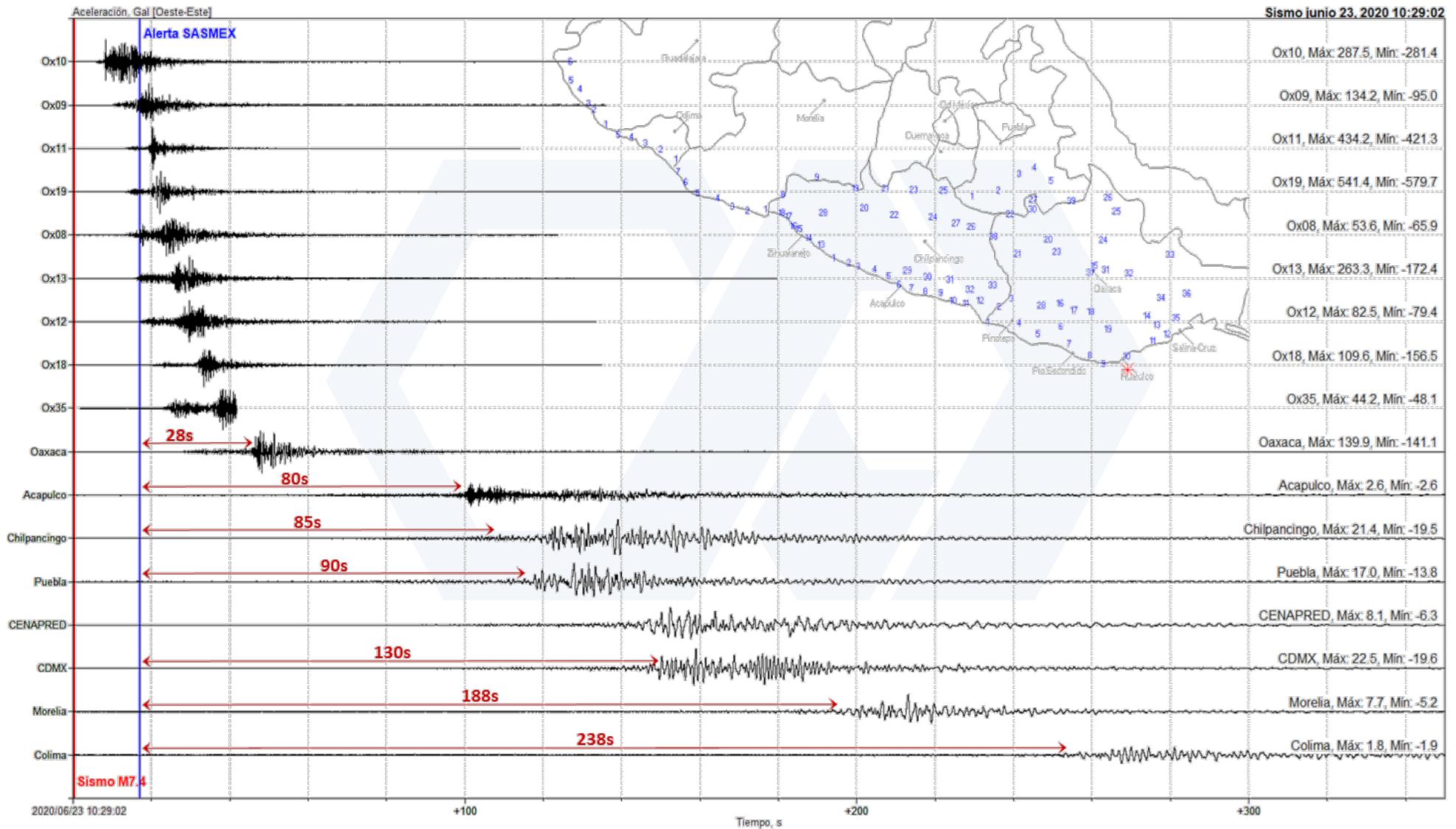


Figura 20.- Desempeño del SASMEX y tiempos de anticipación a ciudades que utilizan sus avisos de Alerta Sísmica. Eje Oeste – Este.

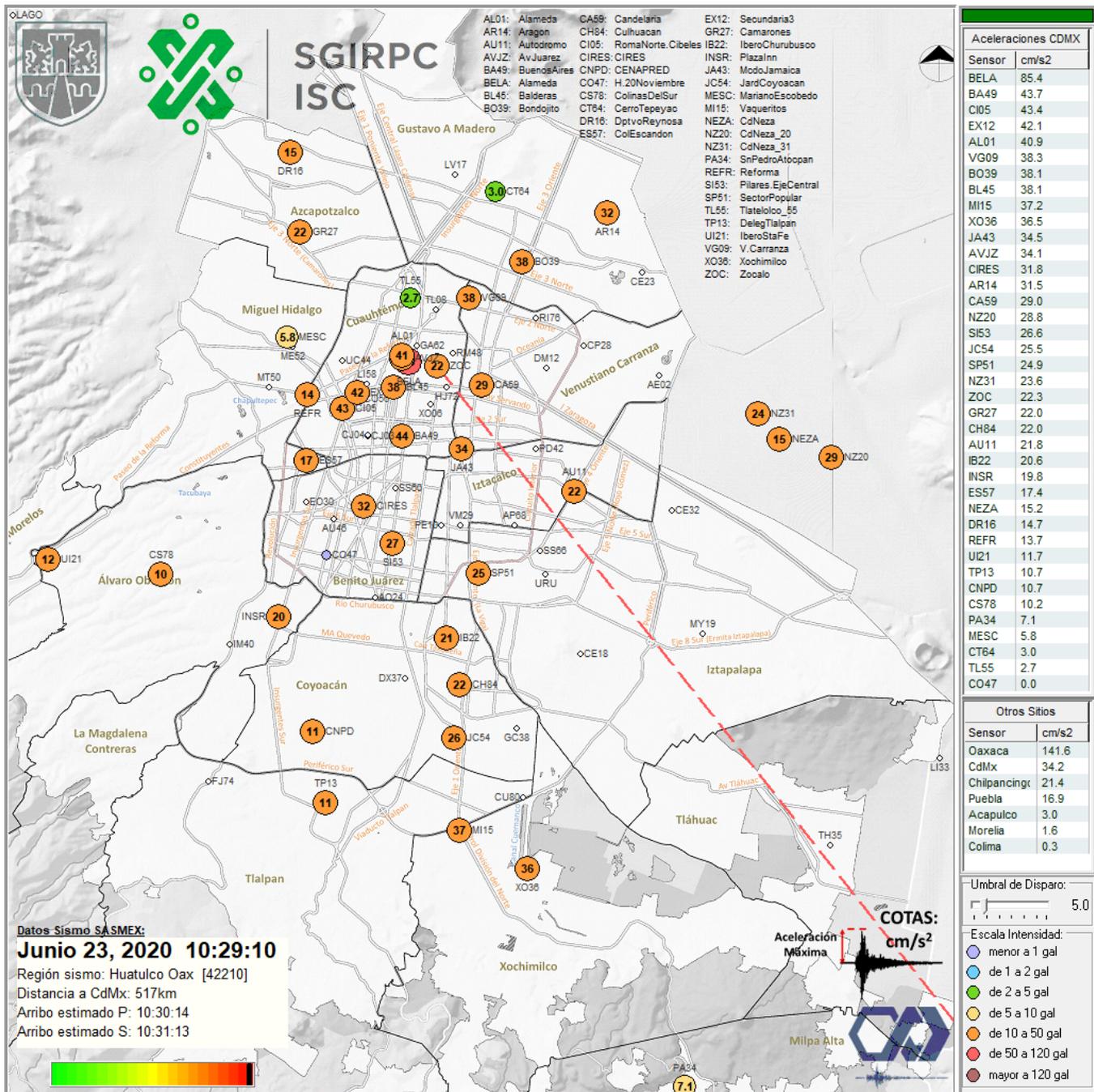


Figura 21.- Mapa de aceleraciones máximas producidas en la CDMX por efecto del sismo M7.4 de junio 23 de 2020.

En agosto de 2019, CIRES desarrolló un sistema que permite visualizar rápidamente los efectos que provoca un sismo en la Ciudad de México. Para tal efecto, se toma la información que producen los aparatos de la **Red de Acelerómetros de la Ciudad de México, RACM**; sistema que desde 1988 mide las aceleraciones originadas por sismos locales, con epicentro en esta Ciudad en regiones bien conocidas por los sismólogos y especialistas en este tipo de fallamientos, y por sismos regionales, alrededor del Valle de

México y frente a las costas del Océano Pacífico. La información se difunde a un grupo de Autoridades de la CDMX y del Gobierno Federal, así como a un grupo de expertos en el fenómeno sísmico, a través de un sistema de mensajería electrónica instantánea conocido como **WhatsApp**, y también por correo electrónico, y consiste en mostrar las aceleraciones máximas que se registraron en los equipos de la **RACM** y que transmitieron su señal a la sede del CIRES durante el arribo de los efectos del sismo.

La **Figura 21** muestra la información que se transmitió debido a los efectos del sismo M7.4 que se reporta. Cada círculo corresponde a un sensor de la **RACM**, cuyo identificador aparece al lado; los círculos se colorean de acuerdo a la escala que se muestra en la zona inferior derecha de la imagen. La lista de sensores que logró medir los efectos del sismo se muestra en la parte superior central del mapa, ordenados alfabéticamente por identificador. Si la aceleración de cada sensor que se reporta supera 2 Gals, se anota su valor en el centro de cada círculo. En la zona inferior izquierda aparece un recuadro que indica: fecha y hora en que el SASMEX reporta el sismo; la distancia, desde el primer sensor del SASMEX que avisa del movimiento, hasta el Zócalo de la CDMX, que se señala con una línea roja intermitente dirigida hacia la zona posible del epicentro. La hora en que se estima podrían arribar los efectos de las ondas sísmicas se anota también en este recuadro. La barra multicolores, que aparece en la parte inferior, indica la posible intensidad que podría observarse en la Ciudad; este valor se calcula a partir de las aceleraciones máximas observadas durante el evento. Las dos Tablas de datos que aparecen en la lateral derecha, muestran los valores máximos de aceleración medidos, ordenados de mayor a menor: la primera Tabla corresponde a la de los sensores de la CDMX y la segunda muestra información de otros sensores que tiene CIRES instalados en las ciudades donde operan los avisos de Alerta Sísmica.

Como se mencionó, los sensores próximos a un sismo en progreso calculan la energía que desarrolla y transmiten a las Centrales del SASMEX el resultado del procesamiento. La **Figura 22** ilustra las funciones que realiza el sistema durante la evolución del sismo de acuerdo a lo siguiente:

1. Cuando dos sensores próximos notifican, con algunos segundos de diferencia, que está ocurriendo un movimiento con patrones similares a un sismo, el SASMEX asume la condición de “Sismo Detectado” (*#TenemosSismo*), instante **T₀** de la **Figura 22**.
2. En el mismo instante **T₀**, el sistema envía códigos cifrados para activar diferentes aplicaciones: *Monitor SASMEX* (**Figura 15**), *POP-SASMEX* (**Figura 16**) y notificaciones a través de **Twitter**.
3. Si, además, dos sensores estiman que se trata de un evento potencialmente peligroso, las Centrales transmiten el aviso de *Alerta Sísmica* correspondiente en el instante **T_A** de la **Figura 22**.
4. Ocurre, en ocasiones, que los primeros dos avisos también indican que se trata de un sismo fuerte, en cuyo caso los tiempos **T₀** y **T_A** serían los mismos y el SASMEX dispararía la *Alerta Sísmica* y enviaría los códigos cifrados a las *Apps* al mismo tiempo.



5. Previendo que ante un sismo severo pudiera fallar el suministro eléctrico de las ciudades en cualquier momento, a los cinco segundos de la activación de Alerta (**$T_A + 5s$**), el SASMEX transmite un breve reporte por correo electrónico a usuarios registrados, entre ellos Autoridades de Gobierno y medios masivos de comunicación, con la intención de informar la causa del disparo. Si no hubo disparo de Alerta, no se envía este reporte.
6. A los quince segundos de que se detectó el sismo (**$T_0 + 15s$**), se transmiten códigos para activar la grabación de la *Red de Acelerómetros de la Ciudad de México (RACM)* y de los *Sistemas Acelerométricos Digitales para Estructuras (SADE)* a cargo del CIRES; la intención es obtener información del sismo en cuestión con oportunidad previa al arribo de sus efectos a las ciudades que cuentan con estos sistemas.
7. En el mismo instante **$T_0 + 15s$** , se envían mensajes, por telefonía celular, con información del disparo a los supervisores del SASMEX a través del *Servicio de Mensajes Cortos (SMS, por sus siglas en inglés)* y, como se describió anteriormente, por **WhastApp** se transmite la imagen *POP-SASMEX* que muestra el origen del evento y posibles tiempos de arribo de sus ondas.
8. Cuando se estima que la parte más intensa del sismo ya se propagó por la Ciudad (**$T_0 + 1.6 \times T_s$**), se transmite el mapa de aceleraciones máximas de la **Figura 21** a las Autoridades y especialistas que requieren la información para toma de decisiones y se envía el reporte con información adicional de la **Figura 17** por correo electrónico. **T_s** es el tiempo estimado que tarda en llegar la onda S a la Ciudad de México.



centro de instrumentación y registro sísmico, ac

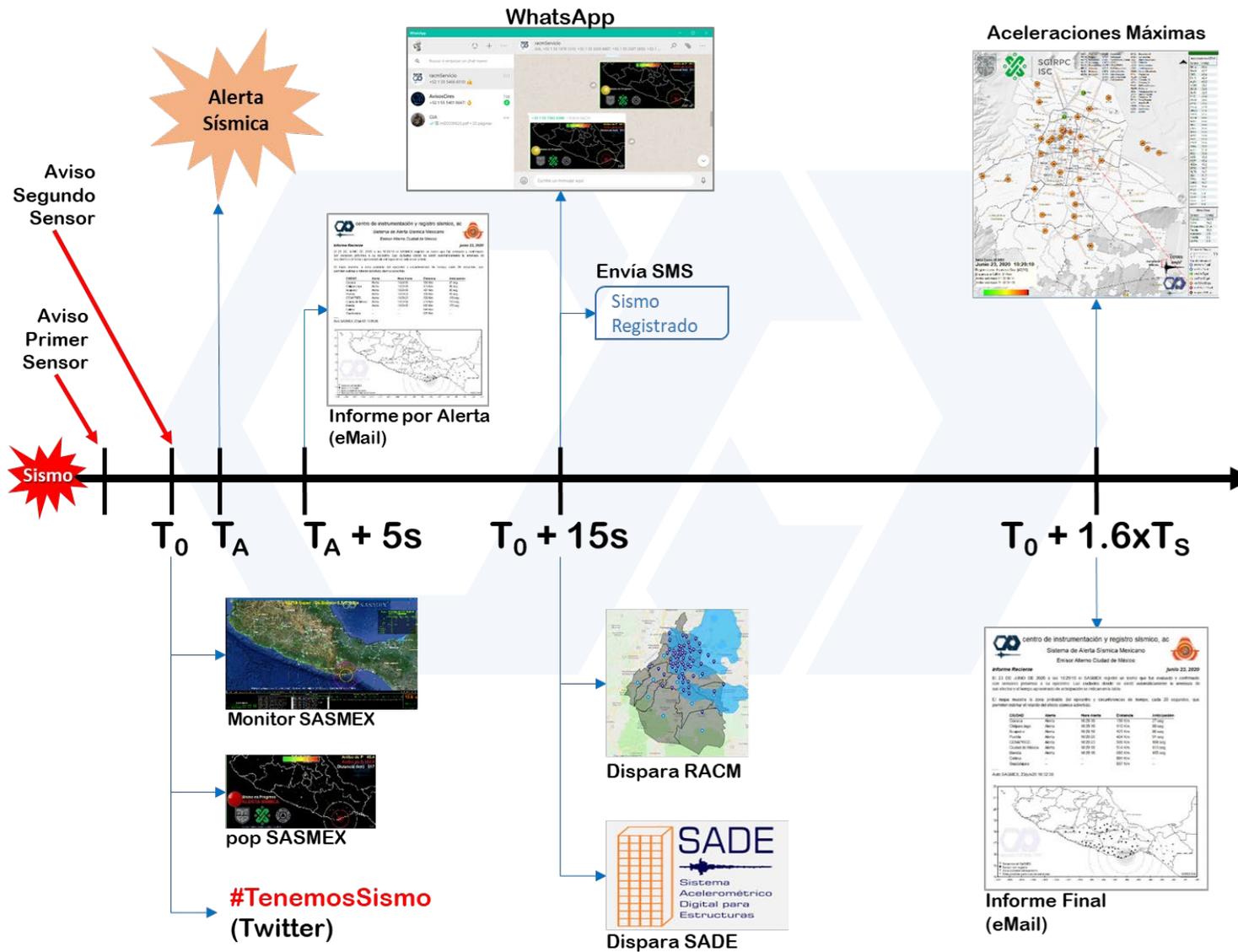


Figura 22.- Funciones del SASMEX durante el desarrollo de un sismo.



Hasta el 5 de julio de 2020, el Servicio Sismológico Nacional reportó la ocurrencia de 5,335 réplicas del sismo M7.4 de junio 23, la mayor fue de magnitud 5.5; de éstas, las 49 más intensas se lograron registrar por el SASMEX, **Tabla 4**. A su vez, la revisión de parámetros del sismo que realizó el SSN, permitió mejorar la localización del epicentro, que ahora ubica en las coordenadas en 15.784 latitud norte y 96.12 longitud oeste, a 5 km de profundidad, **Figura 23**, (http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2020/SSNMX_rep_esp_20200623_Oaxaca-Costa_M75.pdf).

| No. | Fecha | Hora | Sensores con registro | Mag | Lat | Long | prof | Localización |
|-----|------------|----------|-----------------------|-----|--------|--------|------|--------------------------------------------|
| 1 | 23/06/2020 | 10:29:02 | 58 | 7.4 | 15.784 | -96.12 | 5 | 23 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 2 | 23/06/2020 | 10:35:48 | 5 | | | | | |
| 3 | 23/06/2020 | 10:46:55 | 2 | | | | | |
| 4 | 23/06/2020 | 11:20:24 | 9 | 4.3 | 15.67 | -96.06 | 27 | 14 Km Al Sureste De Crucecita, Oax |
| 5 | 23/06/2020 | 11:31:05 | 3 | 4.6 | 15.63 | -96.08 | 10 | 17 Km Al Sureste De Crucecita, Oax |
| 6 | 23/06/2020 | 11:46:26 | 2 | | | | | |
| 7 | 23/06/2020 | 12:08:08 | 1 | | | | | |
| 8 | 23/06/2020 | 12:29:16 | 3 | 4.1 | 15.59 | -95.92 | 16 | 30 Km Al Sureste De Crucecita, Oax |
| 9 | 23/06/2020 | 12:34:34 | 1 | 4.0 | 15.67 | -96.07 | 10 | 12 Km Al Sureste De Crucecita, Oax |
| 10 | 23/06/2020 | 12:43:41 | 2 | 4.0 | 15.63 | -96.31 | 10 | 21 Km Al Sureste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 11 | 23/06/2020 | 12:45:20 | 3 | 4.1 | 15.46 | -96.52 | 10 | 32 Km Al Sur De S Pedro Pochutla, Oax |
| 12 | 23/06/2020 | 12:52:20 | 3 | 4.3 | 15.44 | -96.53 | 16 | 34 Km Al Sur De S Pedro Pochutla, Oax |
| 13 | 23/06/2020 | 13:04:56 | 1 | 4.3 | 15.51 | -96.52 | 10 | 27 Km Al Sur De S Pedro Pochutla, Oax |
| 14 | 23/06/2020 | 13:27:08 | 8 | 4.9 | 15.63 | -95.95 | 10 | 25 Km Al Sureste De Crucecita, Oax |
| 15 | 23/06/2020 | 15:54:39 | 4 | 5.1 | 14.92 | -95.86 | 51 | 98 Km Al Sureste De Crucecita, Oax |
| 16 | 23/06/2020 | 16:42:55 | 1 | 4.0 | 15.53 | -96.50 | 9 | 24 Km Al Sur De S Pedro Pochutla, Oax |
| 17 | 23/06/2020 | 18:20:58 | 1 | 4.2 | 15.67 | -96.12 | 9 | 11 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 18 | 23/06/2020 | 21:25:53 | 1 | 4.1 | 15.54 | -96.56 | 10 | 25 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 19 | 23/06/2020 | 21:33:18 | 9 | 5.5 | 15.48 | -96.57 | 8 | 31 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 20 | 23/06/2020 | 22:05:33 | 3 | 4.2 | 16.19 | -96.04 | 15 | 48 Km Al Norte De Crucecita, Oax |
| 21 | 23/06/2020 | 22:27:00 | 2 | 4.5 | 15.52 | -96.54 | 19 | 26 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 22 | 23/06/2020 | 22:44:37 | 2 | 4.4 | 15.47 | -96.59 | 10 | 33 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 23 | 24/06/2020 | 06:54:19 | 1 | 4.1 | 15.68 | -96.50 | 22 | 8 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 24 | 24/06/2020 | 11:02:28 | 3 | 4.0 | 15.87 | -95.89 | 52 | 29 Km Al Noreste De Crucecita, Oax |
| 25 | 24/06/2020 | 13:01:07 | 3 | 4.4 | 15.63 | -96.14 | 12 | 15 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 26 | 24/06/2020 | 13:49:51 | 2 | 4.1 | 15.80 | -96.28 | 42 | 16 Km Al Oeste De Crucecita, Oax |
| 27 | 24/06/2020 | 15:06:17 | 2 | 4.8 | 15.50 | -96.70 | 15 | 36 Km Al Suroeste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 28 | 25/06/2020 | 10:13:16 | 1 | 3.5 | 18.33 | -94.98 | 10 | 17 Km Al Sureste De Catemaco, Ver |
| 29 | 25/06/2020 | 12:18:55 | 1 | 4.2 | 15.83 | -96.26 | 27 | 15 Km Al Noroeste De Crucecita, Oax |
| 30 | 25/06/2020 | 16:12:59 | 1 | 4.3 | 15.66 | -96.12 | 10 | 12 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 31 | 26/06/2020 | 08:20:22 | 2 | 4.2 | 15.95 | -96.36 | 20 | 25 Km Al Noreste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 32 | 27/06/2020 | 05:22:40 | 1 | 4.2 | 15.63 | -96.40 | 17 | 15 Km Al Sureste De S Pedro Pochutla, Oax |
| 33 | 27/06/2020 | 17:04:15 | 1 | 3.9 | 16.15 | -95.75 | 20 | 58 Km Al Noreste De Crucecita, Oax |
| 34 | 28/06/2020 | 17:40:19 | 1 | 4.0 | 15.65 | -96.14 | 15 | 13 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 35 | 30/06/2020 | 16:33:11 | 1 | 4.1 | 15.60 | -96.10 | 11 | 19 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 36 | 30/06/2020 | 16:46:29 | 1 | 4.2 | 15.60 | -96.07 | 15 | 20 Km Al Sureste De Crucecita, Oax |
| 37 | 30/06/2020 | 18:44:17 | 1 | 4.1 | 16.09 | -95.08 | 30 | 16 Km Al Sureste De Salina Cruz, Oax |
| 38 | 30/06/2020 | 21:59:07 | 2 | 4.1 | 16.09 | -95.10 | 28 | 14 Km Al Sureste De Salina Cruz, Oax |
| 39 | 30/06/2020 | 23:34:38 | 1 | 3.9 | 16.14 | -97.54 | 10 | 19 Km Al Noroeste De Rio Grande, Oax |
| 40 | 01/07/2020 | 09:09:27 | 3 | 4.2 | 15.59 | -96.09 | 13 | 21 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 41 | 01/07/2020 | 14:54:08 | 22 | 4.9 | 15.81 | -96.81 | 27 | 28 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax |
| 42 | 01/07/2020 | 15:15:13 | 2 | 4.1 | 15.84 | -96.81 | 36 | 28 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax |
| 43 | 01/07/2020 | 17:54:24 | 1 | 4.0 | 15.89 | -96.81 | 31 | 27 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax |
| 44 | 01/07/2020 | 18:30:31 | 1 | 3.7 | 15.83 | -96.84 | 39 | 25 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax |
| 45 | 01/07/2020 | 20:18:35 | 6 | 4.2 | 15.83 | -96.83 | 35 | 25 Km Al Este De Puerto Escondido, Oax |
| 46 | 02/07/2020 | 23:24:16 | 1 | 4.1 | 15.65 | -96.11 | 10 | 13 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 47 | 03/07/2020 | 14:35:56 | 1 | 4.0 | 15.62 | -96.11 | 18 | 16 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 48 | 03/07/2020 | 20:29:19 | 3 | 4.9 | 15.52 | -96.25 | 13 | 31 Km Al Suroeste De Crucecita, Oax |
| 49 | 05/07/2020 | 07:58:47 | 6 | 4.7 | 15.55 | -96.11 | 13 | 25 Km Al Sur De Crucecita, Oax |
| 50 | 06/07/2020 | 02:33:37 | 7 | 4.3 | 16.01 | -95.95 | 54 | 33 Km Al Noreste De Crucecita, Oax |

Tabla 4.- Sismo principal M7.4 y réplicas registradas por el SASMEX hasta el 6 de julio.

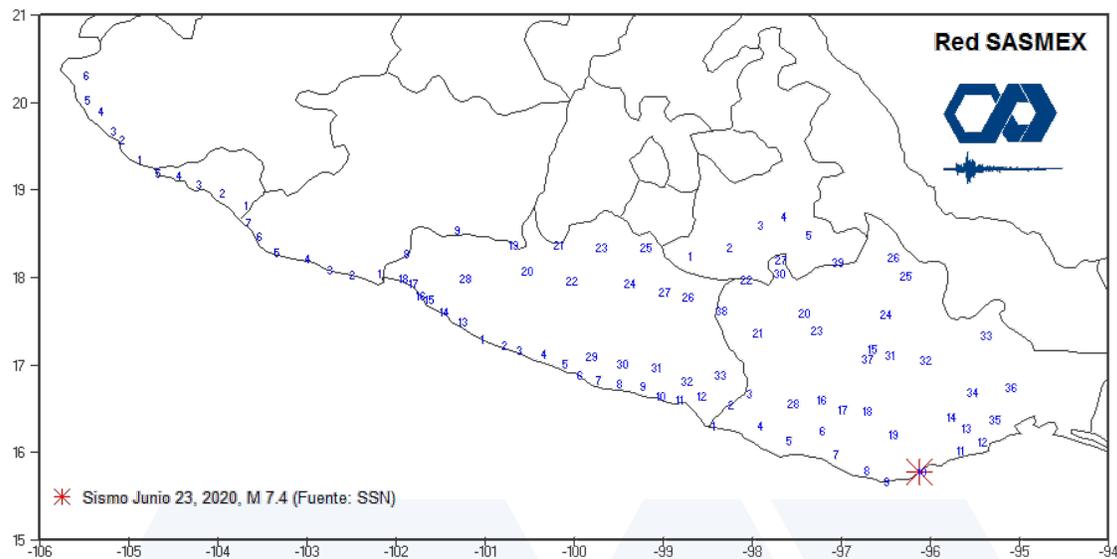


Figura 23.- Localización revisada del epicentro del sismo M7.4 de junio 23 de 2020.

Observaciones

1. El SASMEX es un desarrollo tecnológico, patrocinado por los Gobiernos de la Ciudad de México y del Estado de Oaxaca, cuyo objetivo es ayudar a mitigar los efectos de los sismos fuertes que ocurren en su región de cobertura, actualmente desde Bahía de Banderas, Jalisco, hasta el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca, incluyendo la región del Alto Balsas en Guerrero, sur de Puebla y centro y norte de Oaxaca.
2. El SASMEX se diseñó siguiendo el principio de que las ondas sísmicas se propagan más lento que las ondas de radio, razón que hace posible avisar a centros de población, retirados del epicentro, siempre y cuando existan sensores próximos al foco.
3. El sismo que se reporta, de magnitud 7.4, provocó que todas las centrales del SASMEX transmitieran un aviso de Alerta Sísmica para su población. Los avisos de alerta se difunden a través de la radio y televisión comercial que apoyan este servicio, de altoparlantes en las Ciudades de Oaxaca y México y del sistema de avisos de emergencia **NOAA – Public Alert** en las ciudades en que se encuentra habilitado.
4. El SASMEX registra, en promedio, del orden dos sismos a tres sismos por semana, casi todos de magnitud inferior a 4.9. Desde agosto de 2019, por cada detección del SASMEX, se genera y envía automáticamente el mapa de aceleraciones máximas registradas en la CDMX, como el de la **Figura**



21, cuyos valores de aceleración normalmente no superan 5 Gals. El sismo M7.4 que se reporta, se difundió tres minutos después de su tiempo de origen y tiene la función de informar a las Autoridades el grado de severidad que pudieron provocar sus efectos en ésta y en otras ciudades del País que se monitorean por el sistema; tal es el caso de Oaxaca, cuya ciudad capital registró un máximo de 140 Gals, y que se reportó también en la **Figura 21**.

5. Desde marzo de 2018 se instaló un transmisor en el cerro Chichinautzin, municipio de Huitzilac, Estado de Morelos, que utiliza la frecuencia 162.525 MHz y que corresponde al canal 6 de los receptores norma **NOAA – Public Alert – SARMEX**. El transmisor opera como repetidor de los avisos de Alerta Sísmica del SASMEX que se radian en la Ciudad de México y cubre prácticamente toda el área geográfica de ese Estado. Así, la alerta transmitida para el sismo M7.4 de junio 23, también pudo ser difundida en Morelos para advertir a su población sobre los efectos del sismo. Cabe anotar que este servicio a la población del Estado de Morelos no cuenta con patrocinio alguno hasta el momento.
6. Para comentarios sobre la información mostrada en este documento, el CIRES pone a su disposición las direcciones de correo jm.espinosa@cires-ac.mx, a.uribe@cires-ac.mx y g.ibarrola@cires-ac.mx. También está la página del Centro: www.cires.org.mx o www.cires.mx. Teléfonos: 55-5687-4542 y 55-56874582; Fax: 55-5669-2512.