

Instrumentación Sísmica de Edificios: Usos Prácticos, Beneficios Operativos y Respuesta Post-Sismo.

Faustino Del Ángel

Gerente Regional para América Latina y España

### **QUIENES SOMOS**

Kinemetrics Inc., es una empresa americana con más de 55 años de experiencia en el Monitoreo de Terremotos y su impacto en la Infraestructura Crítica (Instalaciones de Gas Natural Licuado, Plantas de Energía Nuclear, Instalaciones Petroleras, Presas, Puentes, Túneles y Edificios Altos).





# Kinemetrics: Plataformas de Monitoreo de Infraestructura

Aprovechando más de 55 años de Tecnología Innovadora para ofrecer Monitoreo y Gestión de Infraestructura Revolucionarios



Monitoreo Ambiental lider a Nivel Mundial Continuidad Operativa para Plantas Nucleares





Continuidad Operativa y Resiliencia para Estructuras Críticas



Tecnología de Detección para Aplicaciones Espaciales

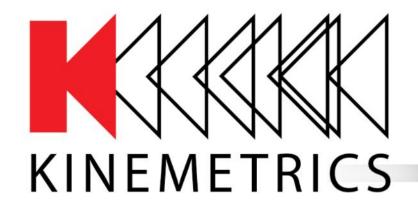


Continuidad
Operativa de Puentes
y Gestión de Activos



KMI-LNG

Operaciones Contínuas y Seguras para Instalaciones GNL







Continuidad
Operativa y
Resiliencia para
Estructuras Críticas

# INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA DE EDIFICIOS: USOS PRÁCTICOS, BENEFICIOS OPERATIVOS Y RESPUESTA POST-SISMO

# HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA

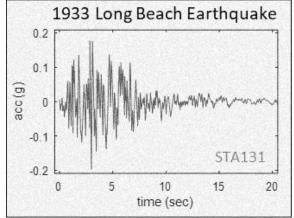
- 1932: Nicolas H. Heck (U.S. Coast and Geodetic Survey) observa en Japón la instrumentación sísmica en edificios.
- Inicia la instalación de acelerógrafos en EE. UU. para medir respuesta estructural durante sismos.
- 1933: Primer registro significativo en el terremoto de Long Beach. Datos usados para introducir requisitos sísmicos en códigos de construcción de California.
- Avances tecnológicos en las décadas siguientes impulsan la expansión del monitoreo.





Nicholas H. Heck





# REQUISITOS EN LOS ÁNGELES

- Desde 1965:
  - Edificios  $\geq$  6 pisos y  $\geq$  5,574 m<sup>2</sup>.
  - Edificios ≥ 10 pisos, cualquier área.
- Mínimo 3 instrumentos: sótano, altura intermedia, azotea.
- Mantenimiento anual por personal certificado.
- Datos accesibles a LADBS y al público.



Los Angeles Building Code

California Building Code 2016 with amendments

International Building Code 2015 with amendments

INFORMATION BULLETIN / PUBLIC - BUILDING CODE

#### SPECIFICATIONS FOR STRONG-MOTION ACCELEROGRAPHS & REQUIREMENTS FOR INSTALLATION AND SERVICING

SCOPE:

This Information Bulletin shall apply to any building which contains one or more strong motion accelerographs required by Section 1613.10 of the 2020 Los Angeles Building Code (2020 LABC).

Strong-motion accelerographs must be complete integrated systems, small in size, easily serviced and stable over long periods of time without attention. Recording should be at least equal in quality and accuracy to that of the U.S. Coast and Geodetic Survey's standard strong-motion seismographs

The following are specifications for digital accelerographs installed in buildings to fulfill requirements

- www.conservation.ca.gov/cgs/smip/documents/systemrgmts-triaxialaccelerograph.pdf)
- . Accelerographs approved by the Department of Building and Safety in accordance with the minimum standards set forth below:

- . A minimum of three components (V, L and T).
- 2. Natural frequency above 40 cps.
- 3. Damping approximately 70 percent critical.
- 4. Sensitivity 4 g (at full scale recording).

- 1. Sampling Rate A minimum of 200 samples per second.
- 2. Time of Recording From at least 20 seconds before the ground shaking begins until 30 seconds after the last triggering level motion.
- 3. Cycles At least 30 separate automatic operations without a necessity of servicing up to the recording capacity of the accelerograph (40 minutes or longer).
- 4. Rms Noise System noise shall be less than 40 micro-g's measured over 0-80 hz.

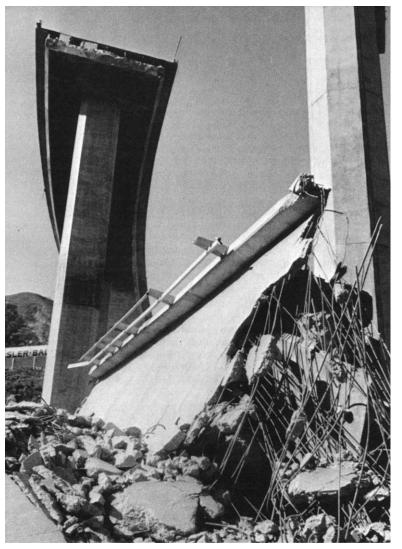
approved by the ruments as required the public on request

### ORIGEN DEL CSMIP (CALIFORNIA STRONG-MOTION INSTRUMENTATION PROGRAM)

- San Fernando 1971: daños severos en hospitales e infraestructura.
- Inicio de una política estatal basada en datos sísmicos reales.
- Creación del CSMIP para instrumentar y registrar movimientos fuertes.



Olive View Hospital (1971)



Sierra Hwy and Golden State Overpass (1971)

#### ORIGEN DEL CSMIP



California

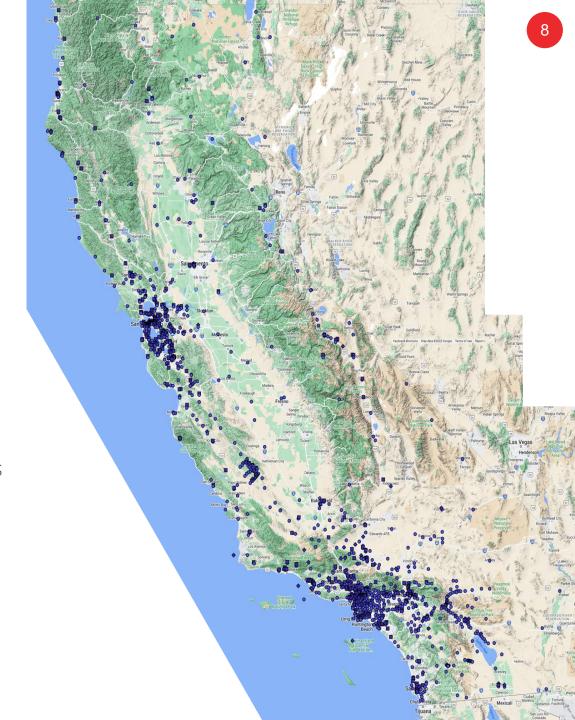
#### **Department of Conservation**



## California Geological Survey

**CSMIP: California Strong-Motion Instrumentation Program** 

- Creado por el Servicio Geológico de California.
- Misión: recopilar y difundir datos sísmicos para Ingenieros, Científicos y Autoridades.
- Red de casi 1400 estaciones, con alrededor de 1600 registradores, más de 10000 sensores y cerca de 12000 canales.
- Composición actual: 937 estaciones de Campo Libre, 27 Edificios, 115 infraestructuras como Puentes, Túneles y Presas



# IMPACTO EN CÓDIGOS Y DISEÑO

- Datos usados por Sismólogos, Ingenieros, Funcionarios y Equipos de Emergencia para:
  - Modificar disposiciones sísmicas en códigos.
  - Apoyar planes generales de gobiernos locales.
  - Priorizar recursos post-sismo.
- Mejoras en códigos: fórmulas empíricas para parámetros como el periodo fundamental.
- Imperial Valley 1979 (El Centro): daños en Imperial County Services Building; los datos permitieron identificar la causa y prevenir fallas similares.
- Northridge 1994: sacudidas mayores a lo previsto; aumento de fuerzas sísmicas de diseño en zonas cercanas a fallas.
- Confirmación de la efectividad del aislamiento de base.



Imperial County Services Building (1979)



Ej. aislamiento de base

# ESTADO DE LA RED PREVIO A LA MODERNIZACIÓN

- 1,600 registradores, 1,100 obsoletos.
- 900 módems analógicos en uso.
- Recursos insuficientes para mantenimiento y modernización.
- Limitaciones para integrar con ShakeAlert (solo en estaciones de suelo) y para evaluaciones remotas de edificios.
- Muchos equipos Kinemetrics aún operativos tras décadas, reemplazados para mejorar capacidades y optimizar la red.



Sylmar Olive View Medical Center instrumentado en 1986

## PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN DE LA RED CSMIP

#### **600** Acelerógrafos

Para modernizar las estaciones de Campo Libre existentes y nuevas para la alerta temprana de terremotos



**400** Obsidian



#### **350** Registradores Multicanal

Para actualizar los Sistemas de Monitoreo Estructural existentes y reemplazar sensores antiguos



**350** Obsidians

**1700**Acelerómetros EpiSensor



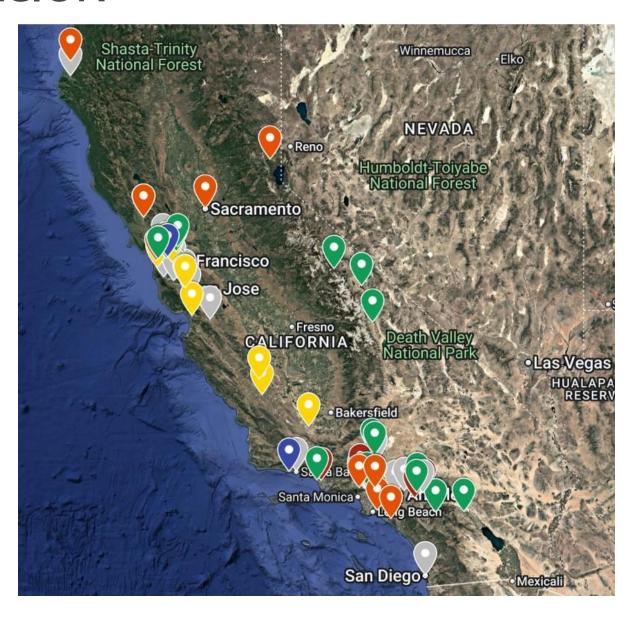


**190** (de 350) Registradores Multicanal Dolomite+

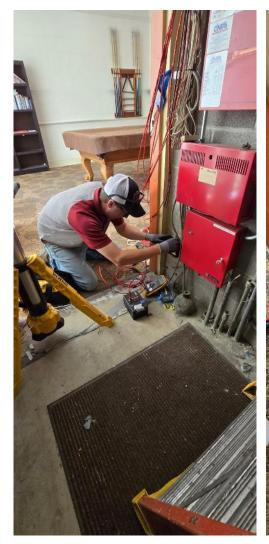
Integración con Alerta Temprana y Monitoreo Estructural en Tiempo Real.

# PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN

- 72 edificios prioritarios en todo el estado recibirán mejoras.
- 37 sitios visitados a la fecha.
- 20 instalaciones completadas a la fecha.
- Avance constante con dos cuadrillas trabajando en paralelo: uno en el norte y otro en el sur de California.



# PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN











Oak Center Towers, Oakland, CA (2025)

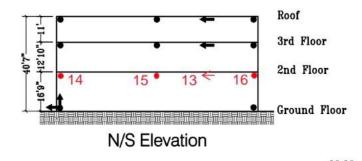
# EJEMPLO DE ESTACIÓN DE MONITOREO

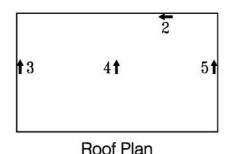
#### Distribución de Sensores

- Sensores distribuidos en diferentes niveles del edificio.
- Registrador y comunicaciones seguras.
   Típicamente en el sótano.

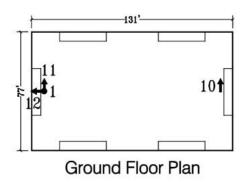
Pleasant Hill - 3-story Commercial Bldg (CSMIP Station No. 58348)

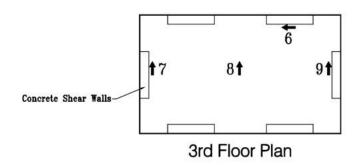
#### SENSOR LOCATIONS





N,N<sub>ref</sub> Structure Reference Orientation: N<sub>ref</sub> = 360°



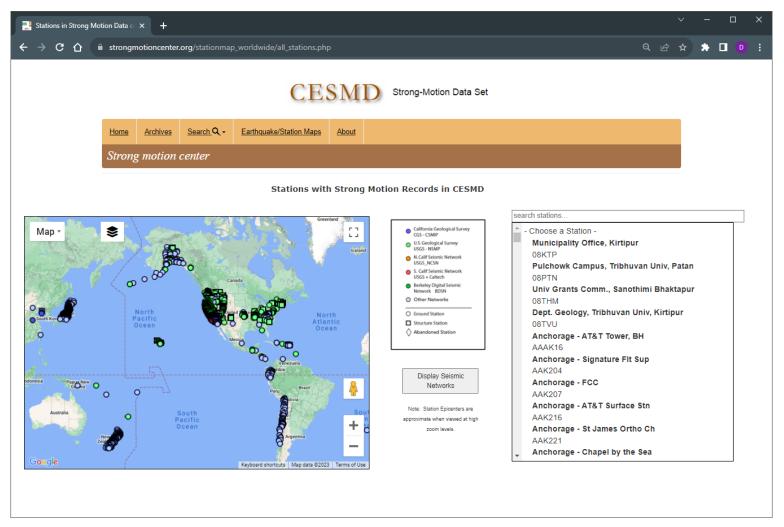


01/16/79

# EJEMPLO DE ESTACIÓN DE MONITOREO

Portal de Acceso a Datos de CSMIP

Acceso a datos para Ingenieros, Administradores y Autoridades.



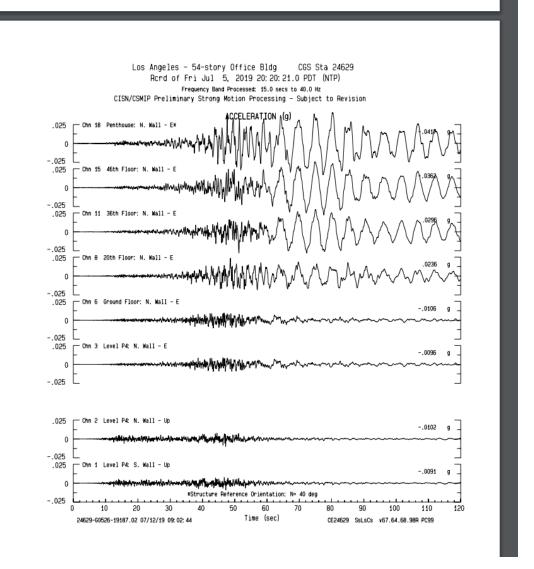
Centro de Ingeniería de Datos de Movimiento Fuerte

https://www.strongmotioncenter.org/

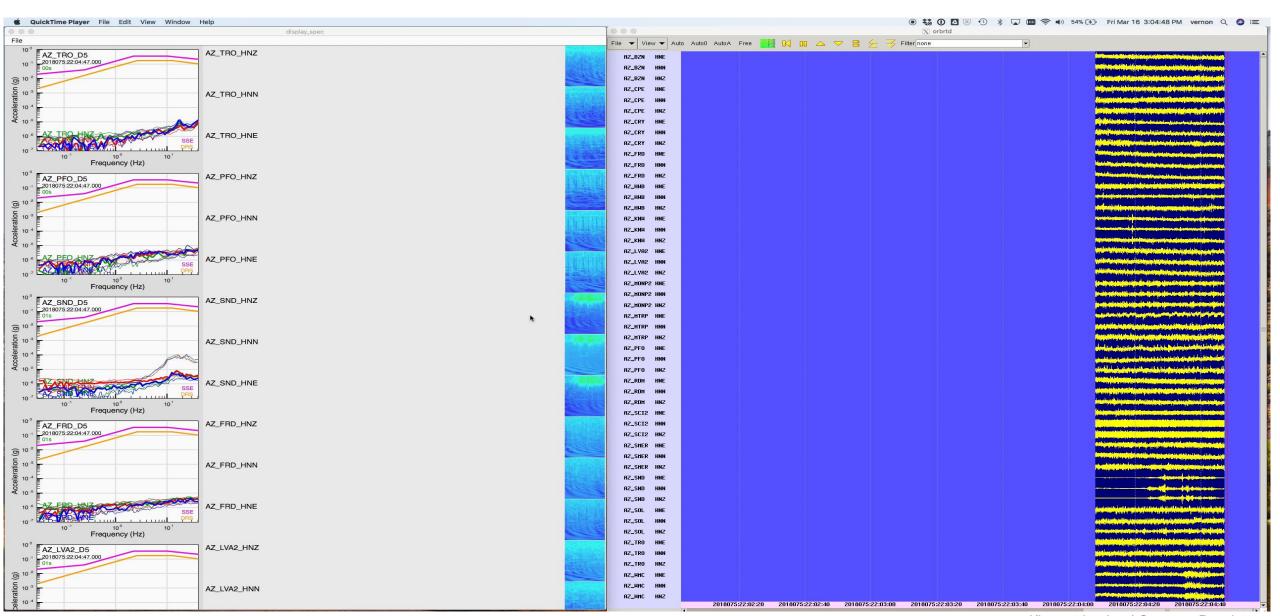
# EJEMPLO DE ESTACIÓN DE MONITOREO

Reporte Producido por CSMIP

Acceso a datos para Ingenieros, Administradores y Autoridades.



# EJEMPLO DE ADQUISIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

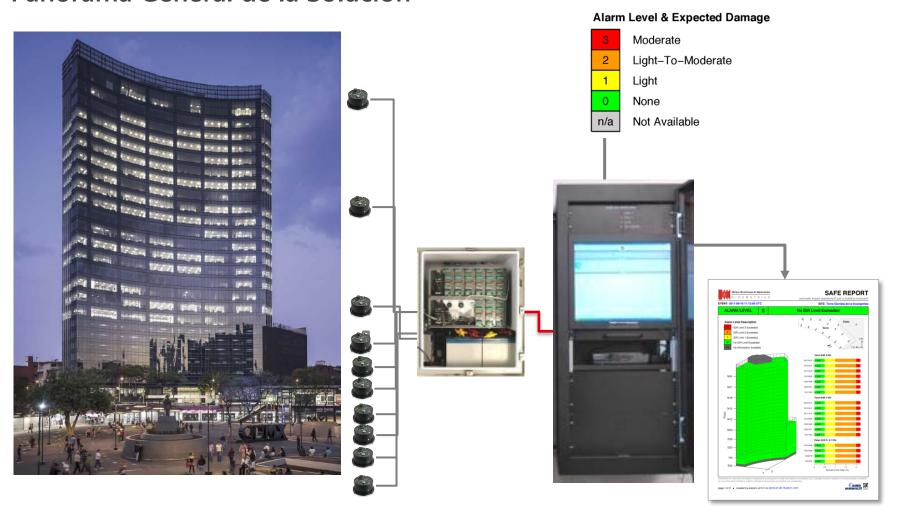


#### Edificio de 25 Niveles y 4 Sótanos

- Instalación en 2018: Sistema
   OasisPlus de 24 Sensores, Reportes
   Automáticos, Alarmas.
- Colaboración con CIMET Arquitectos y CTC Ingenieros.
- Uso efectivo en sismos posteriores como el M7.4 Oaxaca 2020.



#### Panorama General de la Solución



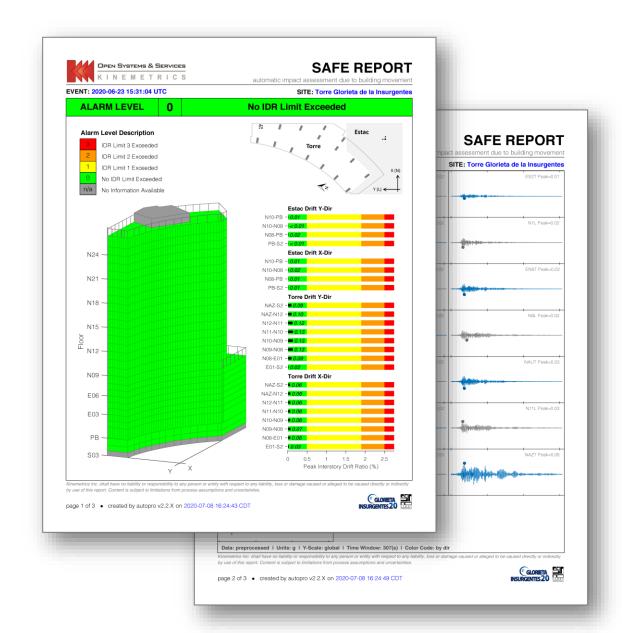
#### Plan de Respuesta

(Por el Cliente)

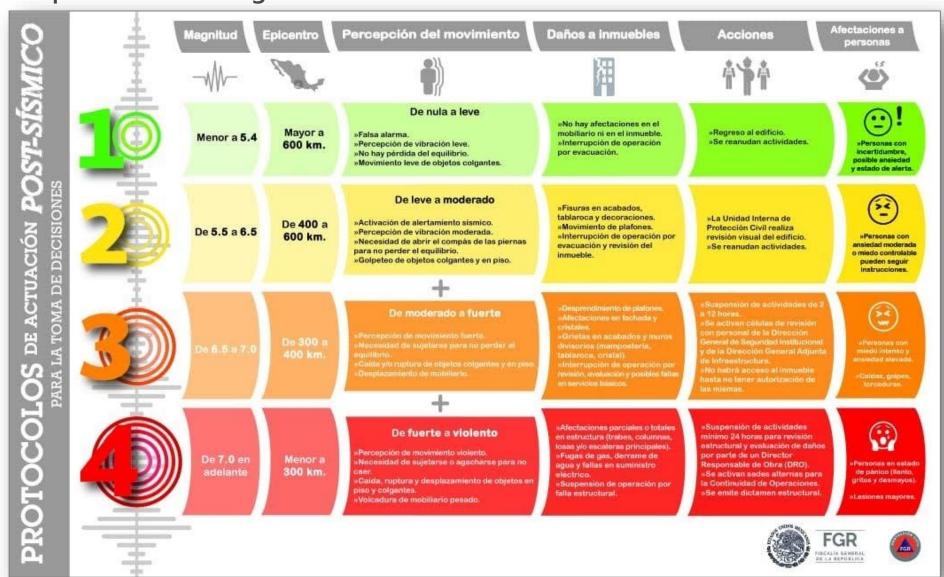




#### Reporte de Seguridad



Plan de Respuesta a la Emergencia

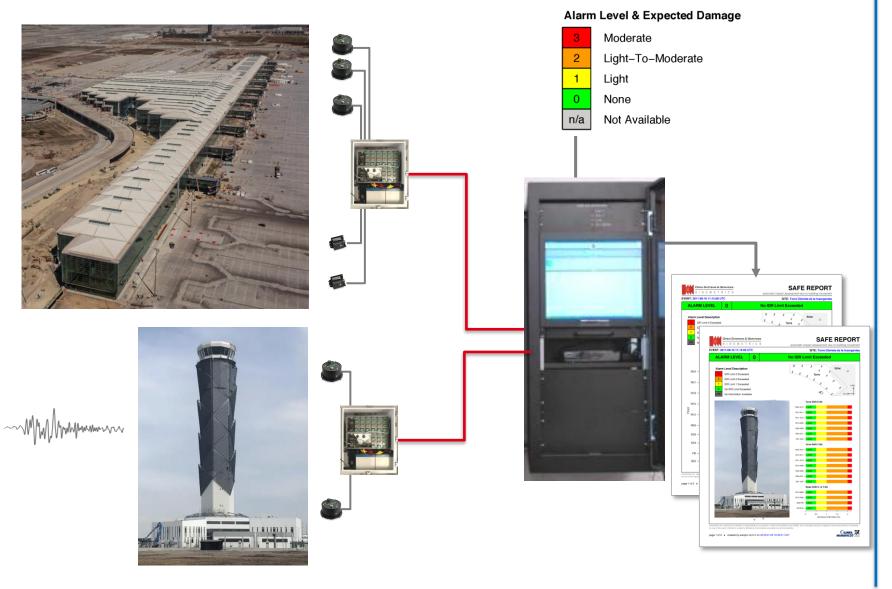


#### Terminal de Pasajeros (Módulo H) & Torre de Control

- Instalación en 2022: Sistema
   OasisPlus con Dos Registradores, 11
   Sensores & 6 Sensores, Reportes
   Automáticos, Alarmas.
- Colaboración con UAM & UNAM
- Uso efectivo en sismos posteriores como el M7.7 Coalcoman, Michoacán 19-09-2022.



#### Panorama General de la Solución

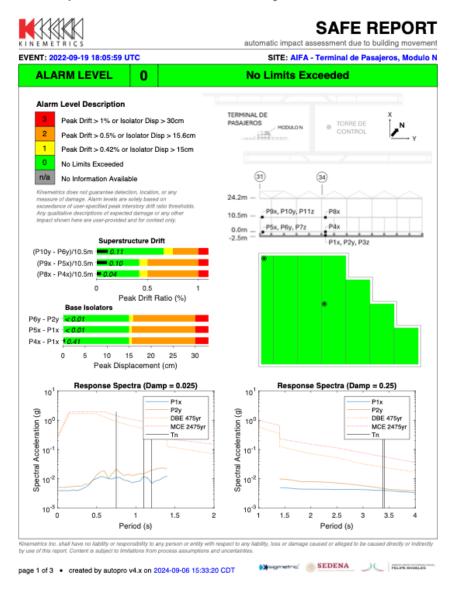


Plan de Respuesta (Por el Cliente)





Safe Report Terminal de Pasajeros





EVENT: 2022-09-19 18:05:59 UTC

#### SAFE REPORT

automatic impact assessment due to building movement

SITE: AIFA - Terminal de Pasaieros, Modulo N

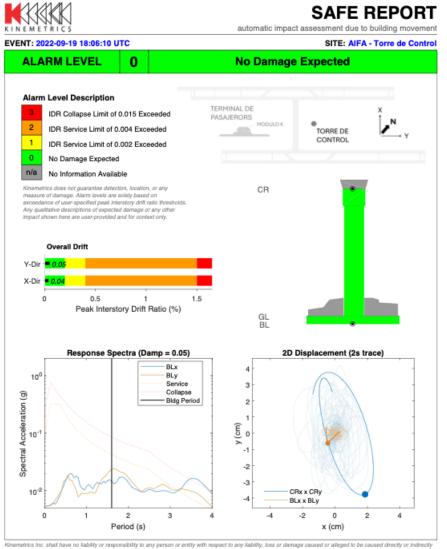
eak Sensor \	/alues (*denotes	maximum)				
Ch	ID	Floor	Axis	Acc (mg)	Vel (mm/s)	Disp (mm)
1	P1x	CIM	x	3.88	13.01	6.91
2	P2y	CIM	у	5.07	17.39	7.05
3	P3z	CIM	z	3.40	10.32	3.93
4	P4x	PB	х	5.15	17.67	7.10
5	P5x	PB	x	4.01	13.09	6.92
6	P6y	PB	у	6.93	17.58	7.07
7	P7z	PB	z	3.78	10.34	3.94
8	P8x	NIV1	х	2.92	7.61	2.65
9	P9x	NIV1	x	7.84*	20.35*	7.14
10	P10y	NIV1	у	6.85	15.57	7.15*
11	P11z	NIV1	z	4.17	10.29	3.94
	2D Displace	ment (3s trace)			X-Dir - Abs. Disp	lacement (cm
0.8	2D Displace	ment (3s trace)		NIV1	X-Dir - Abs. Disp	Ch Pe
0.8	2D Displace	ment (3s trace)		NIV1	• .	Ch Pe
0.6	2D Displace	ment (3s trace)	Elvor			Ch Pe
0.6 0.4 0.2 (WD) A	2D Displace		P10y			Placement (cm Ch Pe Ch Pe Placement Place 0.

Kinemetrics Inc. shall have no klability or responsibility to any person or entity with respect to any klability, loss or damage caused or alleged to be caused directly or indirectly by use of this report. Content is subject to limitations from process assumptions and uncertainties.

page 2 of 3 • created by autopro v4.x on 2024-09-06 15:33:24 CDT

SEDENA FELPE AVOILES

Safe Report Torre de Control



by use of this report. Content is subject to limitations from process assumptions and uncertainties

page 1 of 2 · created by autopro v3.1.5a on 2024-08-28 17:41:12 CDT



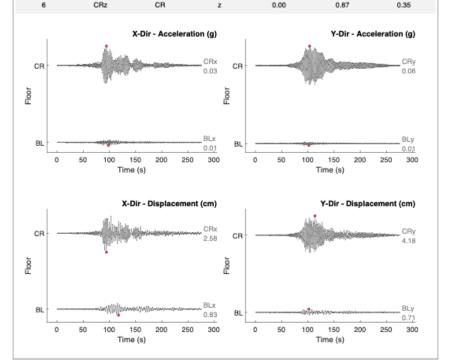
EVENT: 2022-09-19 18:06:10 UTC

#### SAFE REPORT

SITE: AIFA - Torre de Control

automatic impact assessment due to building movemen

Peak Sensor Values (*denotes maximum)									
Ch	ID	Floor	Axis	Acc (g)	Vel (cm/s)	Disp (cm)			
1	BLx	BL	x	0.01	1.59	0.83			
2	BLy	BL	у	0.01	1.67	0.71			
3	BLz	BL	z	0.00	0.91	0.32			
4	CRx	CR	х	0.03	8.64	2.58			
5	CRy	CR	у	0.06*	14.90*	4.18*			



Kinemetrics Inc. shall have no liability or responsibility to any person or entity with respect to any liability, loss or damage caused or alleged to be caused directly or indirectly by use of this report. Content is subject to limitations from process assumptions and uncertain

page 2 of 2 • created by autopro v3.1.5a on 2024-08-28 17:41:15 CDT









# **MUCHAS GRACIAS**



#### **Address**

Kinemetrics 222 Vista Avenue Pasadena, CA 91107

#### Phone & Fax

Phone: +1-626-795-2220 Fax: +1-626-795-0868 sales@kmi.com

#### Social Media

linkedin.com/company/kinemetrics facebook.com/kinemetrics x.com/kinemetrics