

Entrevista a:

Juan Alejandro Muñoz Peláez

EL ESPECIALISTA EN SISMO RESISTENCIA

El 22 de enero de este año se modificó la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones. El Mg. J. Alejandro Muñoz Peláez formó parte del comité de realización de la norma; a quienes estamos relacionados al área de la ingeniería civil, nos resulta cercano y familiar dicho nombre. Debido a lo reciente de la modificación y a sus importantes aportes para el desarrollo de la ingeniería civil en el Perú, no dudamos en designar al profesor Muñoz como el especialista de esta edición. La entrevista fue pactada en el campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú. El Ing. Muñoz nos permitió entrar rápidamente en confianza con sus primeras palabras: **"10 preguntas, parece la venganza de mis alumnos..."**, confianza que se mantuvo a lo largo de toda la entrevista.

Abel A. Pacheco /
[andre.pachecot@pucp.pe/](mailto:andre.pachecot@pucp.pe)
Estudiante de Ingeniería Civil en
Pontificia Universidad Católica del Perú,
miembro del Grupo Civilizate,

Colaboradores
María C. Ruiz /
mariac.ruiz@pucp.pe

Santiago J. Cameros /
sgameros@pucp.pe

Ingeniero, tenemos entendido que usted estudió en la Universidad de Cajamarca ¿Cómo se interesó por la rama de ingeniería?

Yo quería estudiar matemáticas, hasta ahora, quisiera tener plata y tiempo para hacerlo. Terminé en ingeniería civil porque siempre me atrajeron las estructuras, quizás porque tienen un poco más de rigor matemático. Luego, cuando ya estaba por salir fuera de Cajamarca a estudiar matemáticas, no sé cómo se dieron las circunstancias, pero termine aquí estudiando la maestría y trabajando. Terminé a los 22 años y, al día siguiente, ya estaba trabajando... Así comenzó todo.

Profesor, le comentamos que hemos realizado un evento llamado "Descubre tu especialidad", hace una semana, en el que se dan alcances de las diferentes especialidades de la ingeniería civil para alumnos de generales que aún no tienen un panorama claro sobre qué especialidad les interesa más. En su caso, ¿cuál fue el punto de quiebre en su etapa de estudiante o de ingeniero en el que usted se inclinó por el área de estructuras?

En mi caso, creo que fue por la aparente mayor cercanía de la carrera con las ciencias exactas. Sin embargo, con el transcurso de los años, me he dado cuenta de que la relación es escasa; es más, en la ingeniería sismorresistente, en donde me desenvuelvo, las matemáticas siempre están presentes, pero al final priman los criterios de ingeniería, las decisiones de las personas más que los números y las ecuaciones. Esto lo he ido aprendiendo con el paso de los años.

A lo largo de su vida profesional y académica ¿qué profesor y/o compañero ha marcado una influencia en Ud.? ¿Por qué?

Yo tuve como profesor a Marcial Blondet, que es un profesor espectacular. Con él, desarrollé varios proyectos de investigación. En ese entonces, yo estaba en mis "primeros pasos", y había mucho que aplicar de matemáticas y de investigación; disfruté mucho esos años de Marcial como profesor y luego como mi asesor de tesis. También disfruté de varios compañeros como Gianfranco Otazzi, quien fue mi compañero en la maestría.

Prisma fue fundada hace más de 20 años. ¿Cómo decidió formar su propia empresa, Prisma Ingenieros?

Para nosotros, fue fácil formar Prisma porque los tres socios éramos profesores a tiempo completo aquí y casi todos los días nos veíamos. Era natural que termináramos con alguna empresa, ¿no? Ocurrió solo después de un par de años que teníamos trabajando aquí en la universidad que decidimos formar nuestra empresa.

¿Y por qué ustedes tres? ¿De quién nació la idea?

Creo que porque éramos amigos, de la misma edad y habíamos entrado a trabajar juntos. Obviamente a todos nos gustaban, claramente, las estructuras; la universidad nos encantaba. Entonces, fue por ese lado. Ahora, ya tenemos casi 30 años.

¿Tuvieron algunas dificultades, profesor?

Cuando formamos Prisma, rapidísimo tuvimos bastante trabajo porque el país estaba en una época en la que necesitaba de varias obras de ingeniería y, como en toda empresa, hemos tenido ciclos de mucho trabajo y momentos en los que los tres socios estábamos alrededor de un plano.

Esto es cíclico: por ejemplo, lo que está pasando ahora era de esperarse. Lo primero que se afecta en el caso del bajón económico del país o de la comunidad internacional son las obras civiles, la construcción y, por ende, los primeros afectados somos nosotros.

Hablemos un poco de sus proyectos, en su vida profesional. Junto con su equipo técnico Ud. ha desarrollado grandes proyectos como el estadio Monumental, la sede del Ministerio de Educación y, ahora último, el Aeropuerto Internacional de Chinchero. De todos los proyectos que ha desarrollado, ¿a cuál le tiene más cariño?, y ¿cuál significó el reto más grande? ¿Por qué?

Probablemente el estadio Monumental. Fue un proyecto que recordamos con mucho cariño por el momento en que lo hicimos. No creíamos que lo conseguiríamos puesto que era aún una oficina joven; que, en esa situación, nos dieran ese proyecto nos otorgó un buen tiempo de diversión. Sin embargo, también ha habido otros proyectos que particularmente los disfruté porque han tenido un componente de dificultad especial o alguna novedad para mí. Por ejemplo, los edificios aislados: estos dos últimos años he disfrutado tremendamente estudiar las matemáticas y la mecánica de estos edificios.

Creo que han sido los años que más me he divertido y he gozado de la ingeniería al tratar de abordar estos temas... este edificio es aislado, por ejemplo. Por otro lado, ver que tenemos obras en casi todos los departamentos o cuando voy a provincias a dar charlas también es muy satisfactorio; es una satisfacción ver que tenemos obras en diferentes sitios. Ahora último el proyecto de Chincheros ha sido un proyecto bonito, pero, desde el punto de vista de las estructuras, para mí particularmente, lo más resaltante ha sido la torre de control, que es una torre muy alta en un suelo malo. Entonces, hemos tenido problemas de resonancia, de cimentación y pilotaje, todo junto en el mismo proyecto. Es la primera vez en mi vida que encuentro un suelo tipo S4, lo que ha originado que el proyecto sea reubicado.

El sector construcción ha entrado en una desaceleración. Los dos últimos años han sido un poco complicados para muchas empresas, que han tenido que paralizar futuros proyectos y reducir personal. ¿Cómo ve Ud. la evolución del sector en los próximos meses?, más aún con un proceso electoral que genera incertidumbre.

El sector construcción ha bajado bastante. Los más afectados actualmente son los dedicados a la construcción y las inmobiliarias. Los que venimos atrás elaborando proyectos lo sentimos un poco, pero todavía no todo el peso del bajón. Sin embargo, si vemos esta situación en términos internacionales no es por el gobernante de turno, es decir, básicamente somos un barquito de papel en un océano agitado. El mundo está con el precio de los metales muy bajos; entonces, nadie quiere venir y no es exactamente porque Conga no va o si va, es simplemente porque no les es atractivo en este momento y lo que nos pasa a nosotros pasa también en otros países. Ahora pocos quieren invertir porque tienen otro tipo de problemas y el dólar recién está levantando. Creo que cuando se revierta este contexto, el sector va a mejorar automáticamente, casi con independencia del gobierno que venga.

Con la experiencia de haber sido docente en la universidad más de 30 años, ¿cómo ve Ud. el nivel de la enseñanza y el perfil de egresado de Ingeniería Civil respecto a otras universidades tanto del Perú como internacionales?

Yo siempre hablo con los amigos que enseñan ingeniería antisísmica en otros países y, principalmente, observamos los resultados finales. Lo que veo es que salen chicos con mucha capacidad de adaptación, es decir, veo gente de la PUCP en constructoras, inmobiliarias, empresas de diseño... en todos lados y siempre muy bien posicionados. No creo que sea porque se les fastidió en tal curso o se los presionó en el curso de concreto o en antisísmica, pero sí creo que es todo el bloque de presión que reciben y que les hace bien. Yo creo que el estudiante está en la edad de formarse para poder dar lo mejor de él y creo que la misión de la universidad es esa: tratarlos para el futuro, presionarlos con mesura, pero siempre tratando de sacar lo mejor de los alumnos. Yo estoy feliz y creo que está es la única

universidad donde enseñaría, a pesar de que he enseñado en la UNI y en otros sitios; estoy contentísimo con los alumnos que en esta casa de estudios se forman.

La composición de alumnos es diferente, con relación a otras décadas. Antes, era más elitista y eso le quitaba fuerza al grupo de egresados porque no tenía ni presencia en todos los lugares del país; teníamos presencia en Lima y todos calculistas, pero ahora ves ingenieros de la PUCP en todos lados y eso es bueno.

Nuestra universidad está dentro de un país, no dentro de una ciudad.

“Creo que si en algo he contribuido es en despertar el interés de varias personas que se han dedicado luego a esta labor y, por otro lado, mi participación en las normas, que ya lleva alrededor de veinte años.”

¿Qué opinión tiene respecto al plan de estudios de la Universidad? ¿Considera que todas las especialidades se encuentran bien representadas o cree que existe un sesgo para ciertas especialidades en detrimento de otras? ¿Qué mejoras cree Ud. que deberían implementarse?

Seguramente mi respuesta va a ser parcializada, pero yo pienso que se debería dar más énfasis a lo que son recursos y medioambiente, es decir, el país necesita ingenieros que sepan hacer obras hidráulicas, no solamente agua, desagüe y alcantarillado sino también tomas, conducciones de agua, pequeñas represas, porque eso es lo que el país necesita. Entonces, por ahí creo que nos está faltando un poco mayor de énfasis. Ahora último, se está tratando de dar más énfasis a eso y espero que se vaya perfilando con el tiempo. Por ejemplo, una de las cosas que hay que mejorar es que los estudiantes deberían salir de la universidad habiendo realizado un diseño completo, algo que ya hacen, por ejemplo, los mecánicos y los electrónicos. En nuestro caso, a menos que sea una tesis específica de concreto, no ocurre ese ejercicio de diseñar y decir “he diseñado esto”. Esto ya ha sido observado, por lo que se va a tratar de hacer que todos los que egresen tengan un ejercicio de diseño de ingeniería. Por ejemplo, llevar agua de un punto a otro, hacer una carretera real o hacer un edificio, entre otros. Lo que quieren los organismos internacionales, y que verían con mejores ojos, es que sea un proyecto en el que confluyan varias áreas, es decir, un proyecto en el que una parte del diseño sea estructural, otra parte hidráulica, otra geotécnica, etc., lo cual sería sin duda fenomenal. Se va a estudiar todo esto y en breve ojalá se implante.

Profesor después de haber hablado de su época como universitario y como docente ahora queremos hablar un poco de su especialidad: la ingeniería sismorresistente. Usted es parte del comité de la Norma de diseño sismorresistente hace varios años y, como sabemos, en febrero se aprobó la nueva norma. Quisiéramos que nos comente cuánto tiempo les ha tomado realizar esta actualización y cómo fue el proceso.

En el país las normas se hacen convocando a representantes de instituciones. Entonces, se tienen representantes de la PUCP, representantes de la UNI, representantes del Colegio de Ingenieros, entre otros, y entre todos constituimos un comité. Este comité, a lo largo de múltiples sesiones, va estudiando los temas que se quieren cambiar y creo que esta vez ha tomado alrededor de tres años realizar la actualización de la norma. Se termina en una propuesta de norma que se abre a discusión pública, en la que cualquier ingeniero profesional de ingeniería civil opina. Se recogen todas las opiniones y se programan nuevas sesiones para estudiar las opiniones. Finalmente, se redacta el documento oficial. Esta es más o menos la dinámica, que seguramente no es la mejor porque no siempre podemos ir todos a las reuniones y el proceso se dilata más de lo esperado. Por otro lado, crea la sensación de que se trata de un grupo de sabios que está haciendo la norma. En otros países, las sesiones de los comités son abiertas y hay gente que va a escuchar lo que dicen todos. Esto es bueno porque nadie falta y, además, todos están enterados de las demás opiniones. Espero que aquí se pueda implementar algo parecido.





Ingeniero, ¿cuáles son las principales modificaciones que se han realizado y que redundarán en un mejor comportamiento de las edificaciones durante un sismo?

Creo que lo más importante es que se han prohibido los edificios que tienen sistema de transferencia; por ejemplo, en los estacionamientos, en los sótanos tengo una cierta distribución de muros y luego en los demás pisos tengo una distribución diferente, entonces, pongo una losa de transferencia y solucionado todo. Ahora lo anterior ya se prohibió y ya no se puede seguir más este procedimiento en el país. Por otro lado, se ha cambiado el espectro de diseño a partir de un cambio en la gráfica de los valores del factor de amplificación sísmica "C" –que representa el aumento de la respuesta estructural respecto a la aceleración que recibe en su base–, para que se pueda hacer un diseño racional de los edificios muy altos o con aislamiento sísmico, cuyos periodos suelen superar los tres o cuatro segundos. El espectro no estaba tratado en esa zona, era cualquier cosa y eso ya se arregló. Todo ese trabajo lo hemos hecho acá en la PUCP. Luego hay una parte de cómo castigar, según algunos inmisericordemente, a los edificios irregulares. Se ha hecho toda una tabla de castigos donde, en el peor de los casos, el factor R, de reducción de fuerza sísmica, no solo se va a reducir por 0.75, sino que puede llegar a ser la mitad. Entonces, hay un castigo bien fuerte para los edificios irregulares.

Y a pesar de todos esos cambios ¿hay todavía algún punto en la norma en la que discrepe o con el que no está conforme?

Lo que me parece que no está bien, no solo desde el punto de vista académico, sino también para ciertas aplicaciones es que, con respecto al extremo izquierdo del espectro de aceleraciones, hay una plataforma que es horizontal, lo cual es físicamente imposible, pues cae hacia la aceleración del suelo. A duras penas, se ha incluido esa caída para análisis dinámicos y sismos verticales, y ha quedado sin esa caída para el análisis estático. Seguramente, es cuestión de tiempo y en algún momento va a modificarse.

Profesor, en cuanto a las reuniones que tuvo ¿fue complicado llegar a un consenso entre todos los miembros del comité?

No, todos son gente muy dialogante y apasionada en los temas de ingeniería sismorresistente.

Tomando las evidencias del terremoto de Chile del año pasado, en el que hubo una baja cantidad de damnificados –alrededor de 10 personas– y pocas estructuras dañadas a causa del terremoto, se podría decir que el comportamiento de las estructuras fue bueno. En el caso del Perú ¿hacia dónde cree que se enfocarán las siguientes investigaciones para una próxima actualización de la norma?

De producirse en Lima un gran terremoto como el del 85 en Chile creo que tendremos problemas. En países más ordenados, como Chile, los edificios son similares en calidad estructural, mientras que acá tenemos solo algunos edificios muy bien hechos, como los edificios altos que los hacen en oficinas reconocidas; seguramente a estos edificios les va a ir bien. Sin embargo, tenemos también muchos edificios cuyo proceso constructivo no es el adecuado; por ejemplo, vemos una tremenda autoconstrucción y, lo que es peor, tenemos autoconstrucción donde están los peores suelos. Tenemos una situación complicada, porque justamente las personas de menos recursos van a los suelos menos buenos desde el punto de vista de ingeniería estructural. Además, construyen sin dirección técnica: las casas que comienzan de un piso luego aumentan a dos, tres; viene el hijo y terminan con cuatro, cinco pisos íntegramente de ladrillo pandereta.

Por otro lado, a pesar de que a muchas personas esto no les va a gustar, nuestras construcciones de tierra son tremendamente vulnerables, es decir, no hay manera de que compitan con una estructura de concreto armado o de albañilería. Las cosas que se han dañado en Chile en el último terremoto son las pocas construcciones de tierra

que quedan; las estructuras de concreto armado se han comportado muy bien.

Pienso que cuando se produzca el gran terremoto, no sabemos cuándo, vamos a tener daños fuertes en todo el cordón de autoconstrucción en suelos malos, alrededor de Lima y en muchos edificios antiguos entre los que están muchos hospitales y estaciones de bomberos por ejemplo. Si bien, estadísticamente, la cantidad de edificios que se caen en un terremoto porcentualmente es muy baja, la cantidad de edificios que se quedan fuera de servicio puede llegar a ser importante.

Hablando de ese punto, ingeniero, lo bueno de la nueva norma es que a los hospitales con ciertas características se les debe incluir algún tipo de protección sísmica. En los últimos años, han comenzado a construirse estructuras con sistemas de protección sísmica (aisladores, disipadores). Ud., a través de su oficina, ha tenido la oportunidad de desarrollar la mayoría de proyectos con esa tecnología aquí en el Perú (el Complejo de Innovación Académica entre ellos). ¿Qué nuevos retos plantean este tipo de edificaciones?

La disipación de energía te da una protección, pero pequeña, es decir, te baja el sismo del cien al setenta por ciento, mientras que el asilamiento sísmico hace que el sismo baje al diez por ciento. Los diseños se hacen para que los edificios aislados queden elásticos en un gran terremoto. Para ello, todos los números se cuadran y todo hace prever que, conjuntamente con todas las experiencias de grandes terremotos, los edificios quedarán sin daños: no solamente la estructura, sino también el contenido. Como no hay aceleraciones altas, entonces, todos los equipos de tratamiento de imágenes, equipos especiales y sofisticados quedarían bien después de un terremoto y seguirían operativos. Es por esto que la Norma Peruana establece el uso obligatorio de aislamiento para Hospitales importantes. Hemos tenido la suerte, en la oficina, de hacer varios proyectos con aislamiento sísmico; creo que el 90% a más de los proyectos con asilamiento y disipación de energía en el país los hemos hecho en la oficina. Esperemos que en el país se construyan cada vez más edificios con aislamiento sísmico. No es un sistema que cueste bastante o algo que no se pueda pagar.

Profesor, ¿existen otros métodos de sistemas de protección sísmica o básicamente aisladores y disipadores?

Existen otros sistemas que son mucho más sofisticados basados en lo mismo, como los sistemas activos, que, mediante monitoreo de los movimientos del edificio, van cambiando las propiedades de los dispositivos; por ejemplo, se cambian las rigideces, el amortiguamiento, pero creo que

de eso estamos lejos ahora. Aquí ni en América del Sur he visto esos sistemas. En Japón, Estados Unidos sí hay.

Tenemos entendido que el Banco Mundial tiene un proyecto con la PUCP y la UNI acerca del refuerzo estructural de colegios en el Perú. ¿Nos podría explicar en qué consiste este proyecto y cuál es su finalidad a largo plazo?

Lo que el Banco Mundial contrató fue los servicios de la PUCP y de la UNI para que hicieran una propuesta de cómo reforzar edificaciones escolares. Por parte de la Católica, estamos trabajando en conjunto la Ing. Sandra Santa Cruz, el Ing. Nicola Tarque, la Ing. Gladis Villa García y yo. Lo que se pretende es que al final quede un manual de cómo reforzar edificios escolares para que, después, puedan hacer intervenciones masivas, pues estamos hablando de miles de colegios en el Perú. Aparentemente, ya el financiamiento para las obras está garantizado y hay la expectativa de que se lleve a cabo. Ahora, hemos hecho el ensayo de simulación sísmica de un módulo tal como es en la realidad y, a fines de junio, se va a hacer el módulo reforzado con la técnica que se ha elegido, con lo que a fines de setiembre se estaría entregando el proyecto.

Profesor y ¿cuál es el sistema de reforzamiento que se ha elegido?

Este es un ejemplo de que la ingeniería estructural es solo una parte de un problema más grande: la toma de decisiones. Hay restricciones de tiempo: no se puede tomar 5 meses porque ya se alteran las clases; no puedes hacerlo a costos excesivos porque no se podría hacer en todos los colegios. Esta suma de factores constituyen parte del problema; además, la intervención debe ser simple, de modo que se pueda reproducir masivamente en corto tiempo y, luego, la parte complicada es que pueda fluir el proceso de gestión por parte del Gobierno. Será manejado como un *kit* de reforzamiento para ser entregado a los colegios. Hemos desarrollado una opción de muros de concreto armado: dos placas con su viga acoplada, que es de alto impacto en la ejecución de la obra, pues hay que tener que picar, apuntalar techos, colocar epóxico, etc. Otra opción consiste en ponerle unos muros de albañilería a los costados de la columna para que no se forme la columna corta. La mejor opción es la de reforzar con diagonales de acero por su simplicidad y facilidad de réplica masiva. Se puede llevar a cada colegio un *kit* listo solamente para instalar y todas las discrepancias de dimensiones van a ser tomadas por el ingeniero encargado. La intención del proyecto no es resolver todo de un solo golpe, sino que es un reforzamiento progresivo, lo que quiere decir que, por ejemplo en estos diez años, el





“Siéntanse muy contentos, primero, de ser ingenieros civiles porque tenemos un contacto cercanísimo con la realidad, hacemos cosas tangibles y somos los primeros en la línea de lucha contra de la pobreza y la desigualdad.”

Foto: Jorge Prado Acosta

Estado interviene y baja la vulnerabilidad a los colegios, y en los siguientes diez años vuelve a intervenir.

¿La inversión es por parte del Banco Mundial y también del Estado peruano?

No, la inversión de obra es del Estado. El Banco Mundial lo que está haciendo es generar esta solución de ingeniería que funcione masivamente y que pueda canalizarse por los conductos existentes en el aparato del estado. Loable la misión del banco, es una de las cosas más agradables en las que he trabajado y espero que se pueda llevar a la práctica.

Hablando un poco de otras investigaciones en base a las nuevas investigaciones del Dr. Heraud y un grupo de investigación italiano, se cree que en un futuro los sismos pueden predecirse en fecha y lugar antes de que lleguen a la superficie y causen daños. Si es que esto fuera posible, además de salvar vidas ayudando a una evacuación anticipada, ¿cree que pueda influir en algo a la ingeniería estructural o cree que lo más seguro es seguir con un enfoque de diseño sismorresistente?

En este momento, la ingeniería estructural, al igual que muchas ingenierías y muchas disciplinas, maneja muchos procesos como si fuesen probabilísticos y, seguramente, que de aquí a mucho tiempo dejarán de ser probabilísticos y serán estudiados como determinísticos. Sin embargo, esto no significa que la ingeniería estructural cambie mucho porque si tú vas diseñar en base a que alguien te dijo de aquí a cinco meses, no hagas nada porque te va a venir el gran sismo; entonces, si eso fuera cierto yo espero a que se venga el gran sismo y recién empiezo a construir. El problema

recae en cómo construyo: ¿cómo si no hubiera sismos? o ¿excluyendo el análisis sísmico, ya que el siguiente evento ocurrirá de aquí a cinco mil años? Es complicado el tema y lo único que hay, por ejemplo, es que en Estados Unidos, en las zonas que se saben que son sísmicas, ya no permite construir centrales nucleares.

Ya para cerrar la entrevista le quisiéramos hacer dos preguntas que siempre realizamos en esta sección denominada “El especialista”. ¿Cuál considera que ha sido su mayor contribución a la ingeniería civil en el Perú como ingeniero, investigador y docente?

Yo la verdad no creo que haya contribuido realmente; si de algo me siento contento es de ser profesor, de enseñar lo que a mí me gusta y lo que hago. Creo que si en algo he contribuido es en despertar el interés de varias personas que se han dedicado luego a esta labor y, por otro lado, mi participación en las normas, que ya lleva alrededor de veinte años.

Finalmente, ¿qué mensaje daría usted a los estudiantes de ingeniería civil y próximamente futuros ingenieros?

Que se sientan muy contentos, primero, de ser ingenieros civiles porque tenemos un contacto cercanísimo con la realidad, hacemos cosas tangibles y somos los primeros en la línea de lucha contra de la pobreza y la desigualdad. Quisiera decirles, también, que se sientan contentos de estudiar en la Pontificia Universidad Católica: ya tengo treinta años enseñando acá y veo que cuando egresan les va muy bien, no solo económicamente, sino que disfrutan lo que hacen y creo que eso tiene mucho valor en la vida de todos.