



En el septuagésimo aniversario del CERN
ELLAS TAMBIÉN CANTAN

ENTREVISTA CON ISABEL BÉJAR ALONSO

CARLOS CHIMAL

“El LHC es la máquina con propósitos científicos más grande y ambiciosa jamás construida”, me asegura Isabel Béjar Alonso, “pero desde un inicio supimos que teníamos que ir más lejos. Por eso ideamos desde 2011 el Gran Colisionador de Hadrones a Gran Luminosidad (LHC-HL)”.

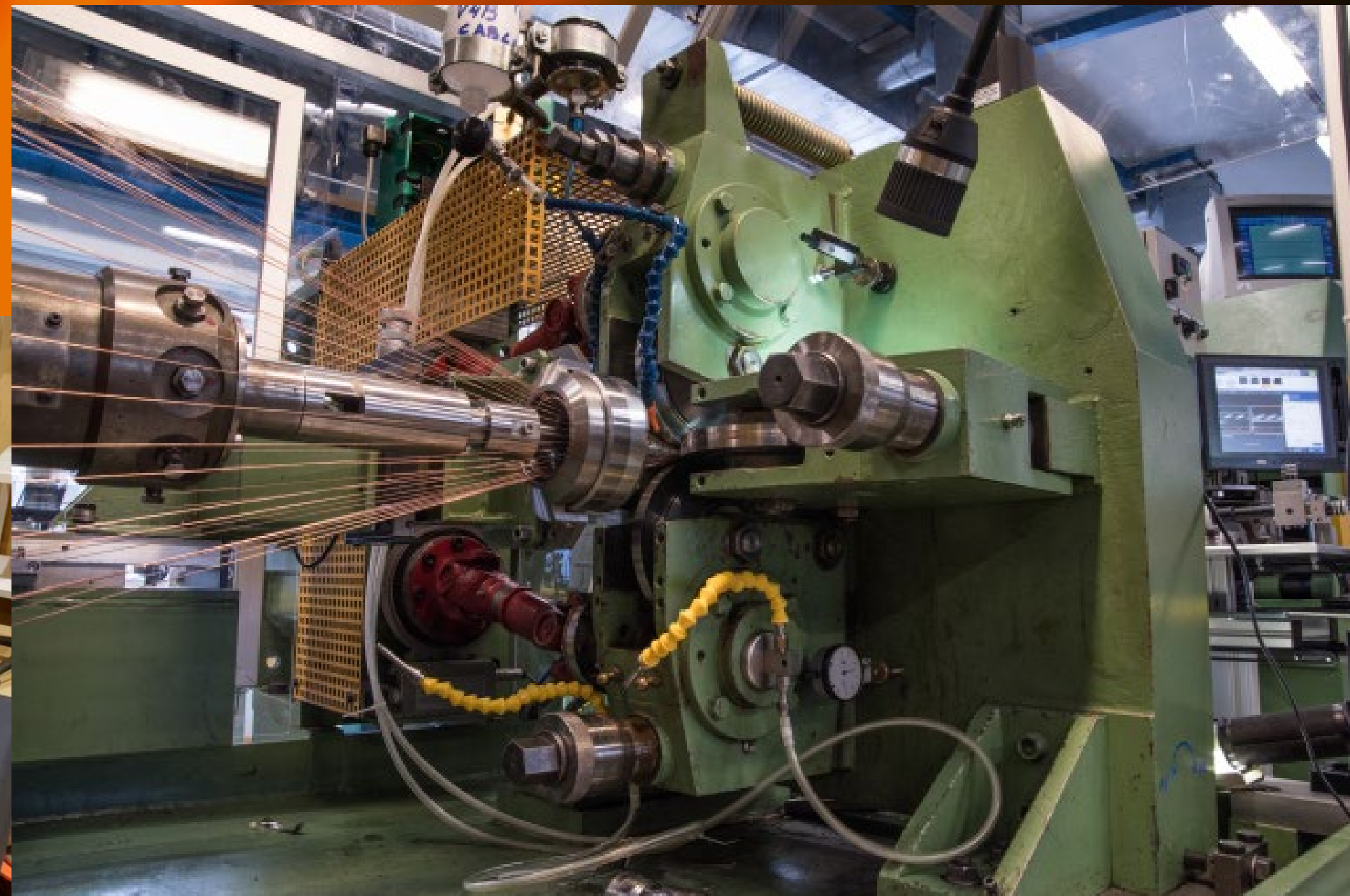
Isabel Béjar ha sido una persona clave en la construcción de este nuevo ingenio, en el que colaboran docenas de investigadores de más de 13 países. Física de origen por la Universidad de Barcelona, especialista en innovación tecnológica, es la segunda a bordo de HiLumi, como se conoce el programa, con base en CERN desde hace más de una década.

“HiLumi no reemplazará el acelerador actual, sino que ayudará a potenciar su capacidad de mirar cada vez más allá”, comenta ella.

De hecho, el LHC funciona muy bien. Su gran logro fue haber comprobado la existencia del bosón de Higgs, así como eventos extraordinarios relacionados con los quarks.



Partes de las cavidades de cangrejo antes de su ensamblaje. Foto: CERN.



Una máquina de cableado Rutherford en operación dentro del laboratorio de superconducción. Foto: CERN.

Aun así, el tiempo pasa, la radiación electromagnética cotidiana deteriora piezas, por lo que tanto el acelerador como los detectores principales (ALICE, ATLAS, CMS y LHC-b) suspendieron durante dos años sus investigaciones para llevar a cabo un mantenimiento profundo, sin contar que la pandemia que inició en 2020 hizo todo más lento, al menos hasta mediados de 2022.

“¿Qué sucede cuando la ventana que has abierto a lo infinitamente pequeño ya no te ofrece el panorama que esperabas? Hi Lumi es nuestra respuesta al apetito voraz de los físicos por empujar el muro de la ignorancia”, afirma Isabel.

¿Qué acciones concretas han tomado para renovar el liderazgo del LHC y, a fin de cuentas, del CERN en la física de altas energías?, le pregunto.

“Dado que sabemos que, a pesar de la pausa técnica que ahora mismo se lleva a cabo, la vida útil del LHC no irá más allá de 2026, decidimos realizar algunas obras de ingeniería y de diseño no únicamente para mejorarlo en términos convencionales, sino para transformarlo de manera radical”, responde. Y agrega:

“Más de un kilómetro del LHC será reemplazado por nuevas tecnologías. Habremos de aumentar la energía de aceleración y la frecuencia de los choques entre las partículas subatómicas que se inyectan en el anillo como nunca antes.”

“Dado que sabemos que, a pesar de la pausa técnica que ahora mismo se lleva a cabo, la vida útil del LHC no irá más allá de 2026, decidimos realizar algunas obras de ingeniería y de diseño no únicamente para mejorarlo en términos convencionales, sino para transformarlo de manera radical”.

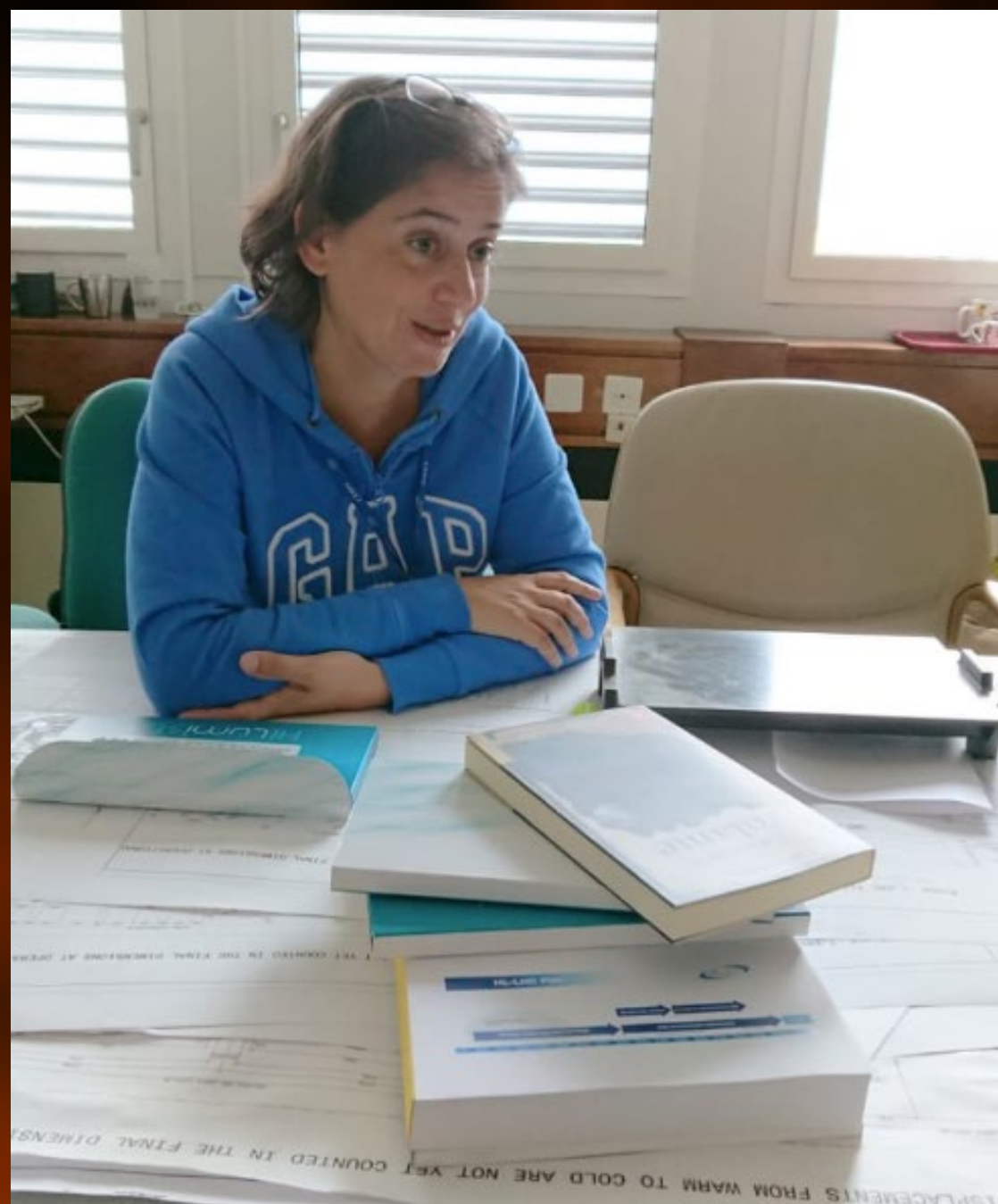
Uno de los retos fue rediseñar los actuales imanes súper conductores que limitan la energía del acelerador. ¿Cómo duplicarla?

“Nos tardamos alrededor de quince años pero finalmente lo conseguimos”, contesta, “y lo que ofrecemos ahora es aumentar el número de colisiones por un factor de 10, lo cual permitirá a los físicos encontrar una nueva física, observar eventos raros de la naturaleza. También nos arrojará luces y nos dará experiencia sobre el comportamiento y manejo de energía en esos niveles desconocidos”.

Otro desafío fue hacer funcionales las llamadas cavidades de cangrejo. ¿En qué consisten?, le pregunto.

“Es una forma de nombrar relativamente pequeñas cavidades de radiofrecuencia”, replicó. Enseguida me explica:

“Tales cavidades potenciarán la precisión de los choques entre las partículas, en este caso, miles de millones de protones, los cuales son tan pequeños y viajan a velocidades tan altas que es sumamente difícil controlar su trayectoria. Se trata de dispositivos que, mediante un campo eléctrico, aplicarán a los haces un giro transversal a fin de que los paquetes de protones colisionen de frente”.



“Nos tardamos alrededor de quince años pero finalmente lo conseguimos y lo que ofrecemos ahora es aumentar el número de colisiones por un factor de 10, lo cual permitirá a los físicos encontrar una nueva física, observar eventos raros de la naturaleza. También nos arrojará luces y nos dará experiencia sobre el comportamiento y manejo de energía en esos niveles desconocidos”.

“Los nuevos súper imanes, junto con estas cavidades, harán notablemente más fino el artefacto. Queremos que los haces no lleguen de manera atropellada, sino de manera ordenada, rítmica”, asevera. Y añade:

“Provocaremos una mayor interacción entre las partículas que viajan a los detectores ATLAS y CMS. Es como ponerlas a bailar en una armonía mayor.”

Lo que hace especiales a dichas cavidades de cangrejo es su capacidad de concentrar y de conducir los haces de protones hacia el estrecho punto de colisión con el haz que viene en sentido contrario por el anillo del LHC.

“A lo largo de 2018 probamos esta nueva tecnología y funcionó de maravilla. Fue el año del cangrejo”, bromea.

Un tercer aspecto de importancia particular ha sido un problema constante en la aceleración de partículas. Hay que decir que los haces de protones se inyectan en el LHC desde un punto inicial (el Súper Protón Síncroton, SPS) a través de dos tubos que se encuentran poco antes de cruzar por los detectores ATLAS y CMS.



● Soldadura de una de las cavidades de cangrejo, esenciales para el buen desempeño de HiLumi. Foto: CERN.

● Más de noventa investigadores se reunieron en Vancouver, Canadá, entre el 25 y el 28 de septiembre de 2023 a fin de intercambiar datos y experiencias sobre HiLumi. Foto: CERN.

En 2014 más de un kilómetro del LHC se contaminó por la falla de una soldadura, sin sensor local, que advirtiera cuando el imán iba a dejar de ser súper conductor. Debemos aclarar que por ese artefacto pasan kiloamperios de energía.

¿Por qué, sin causa aparente, de pronto se pierden los haces dentro del anillo? ¿Por qué, a veces, las partículas tienden a desviarse hacia los colimadores? Éstos son artefactos que desechan las partículas desviadas de la trayectoria principal. ¿Por qué hay alarmas que no funcionan?

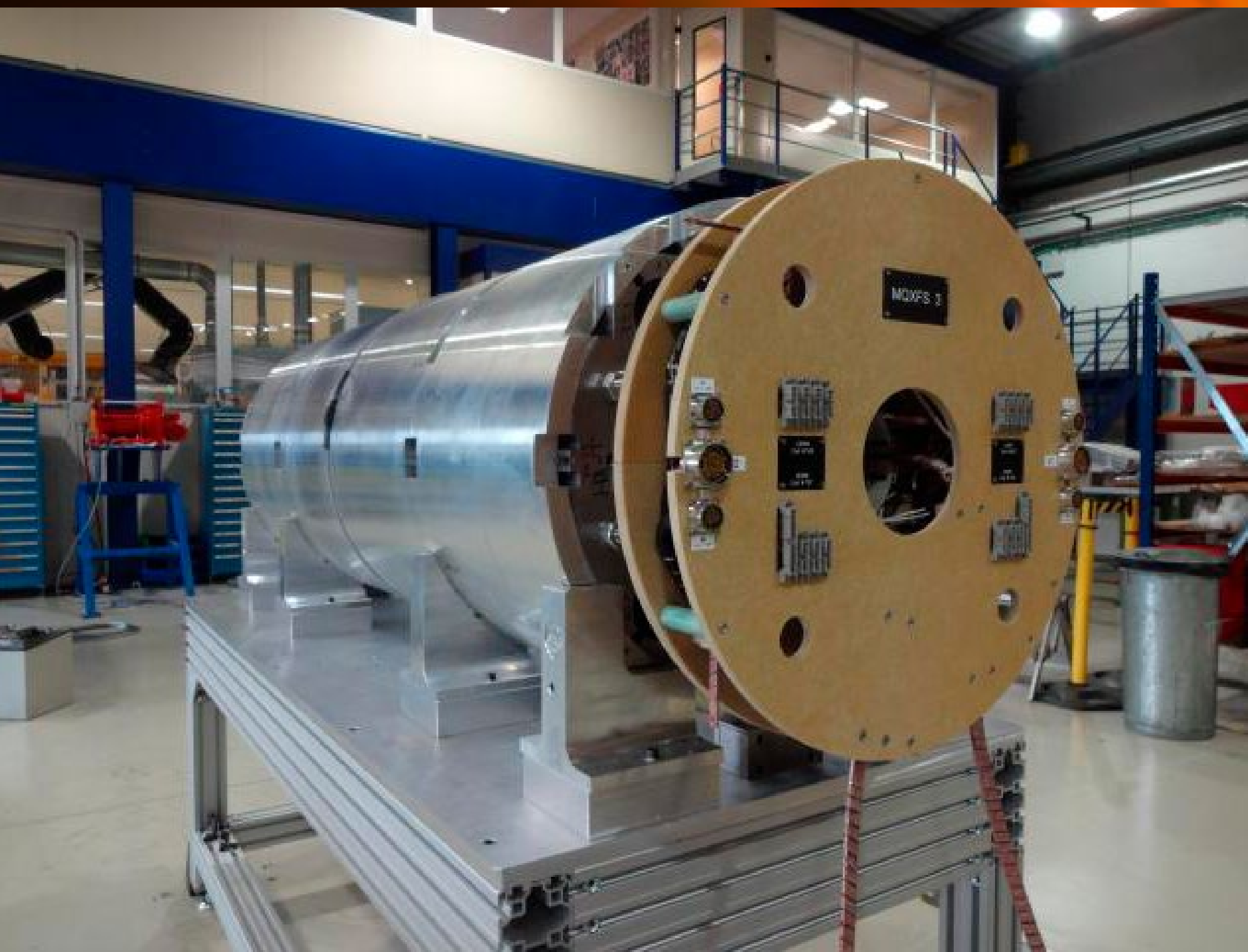
En 2014 más de un kilómetro del LHC se contaminó por la falla de una soldadura, sin sensor local, que advirtiera cuando el imán iba a dejar de ser súper conductor. Debemos aclarar que por ese artefacto pasan kiloamperios de energía.

Al encontrarse toda esta energía con el helio gélido del sistema de criogenia generó una onda expansiva. El he-

lio, súper fluido, pasó de manera intempestiva a estado gaseoso. Además, surgió un arco eléctrico que provocó quemaduras en esa parte del LHC. Las pérdidas fueron millonarias.

“Tal situación se resolverá seccionando la criogenia y colocando válvulas de seguridad”, afirma Isabel.

De esa manera un sector podrá regresarse a la temperatura ambiente para ser reparado, mientras que los demás continuarán congelados a $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$. El sistema criogénico experimentará modificaciones sensibles, pues sabemos que los objetos, en particular, los metálicos, se dilatan y contraen debido a cambios mínimos de temperatura.



No todos lo hacen igual, algunos se ensanchan o aprietan más que otros. Un estudio minucioso de dichos fenómenos les permitirá aplicar diversos sistemas de compensación, una especie de acordeones y soportes con rueditas. El objetivo es compensar el movimiento por dilatación o contracción y garantizar un enfriamiento homogéneo a lo largo del túnel de 27 kilómetros donde descansa el LHC.

“Otro problema importante tiene que ver con la estructura atómica del tubo de vacío”, sigue Isabel, “de manera que obtengamos un haz más duradero y las dianas, las colisiones afortunadas, se multipliquen, como he dicho, en un orden de magnitud”.

Recordemos que los tubos de vacío no son perfectos y

suelen colarse partículas que pueden contaminar el experimento. Hasta ahora utilizaban lo que Béjar Alonso llama un “tapamoscas”, esto es, un dispositivo que atrae las partículas indeseables, como moscas, hacia las paredes. Acto seguido, las bombean para extraerlas.

Sin embargo, ese bombeo también altera el haz principal y al final no es tan eficaz deshaciéndose de “las moscas” subatómicas. Mediante un rayo láser generaron una novedosa estructura, granular, que hace más eficiente la atracción de tales partículas intrusas, sin necesidad de bombear para extraerlas.

“Se trata del proyecto más importante del CERN ahora y, quizás, de la física de altas energías en los próximos años”, concluye Isabel.



● Primera cavidad de cangrejo; está hecha de niobio. Foto: CERN.

