

Proceedings of the XX
International Conference on
Occupational **R**isk **P**revention

ORP2020

Virtual

16th – 18th of September of
2020



Índice

Editorial	2
Seguridad	5
Evaluación de riesgos ocupacionales de los trabajadores de la minería española (2018)	6
Detector de estructuras después de un sismo	15
Salud y Bienestar	20
Implementación de un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo para el Manejo Seguro de Nanomateriales en Actividades de Investigación	21
Nuestra experiencia 5Z	30
De la Teoría a la Acción: Compartiendo la experiencia de una intervención en salud liderada por alumnos de un Instituto de Educación Superior Chileno en su comunidad educativa.	36
Ergonomía	45
Factores asociados a desórdenes osteomusculares en miembros superiores en entidad sanitaria policial	46
Psicosociología	54
Factores psicosociales: estrés, fatiga y burnout, su impacto en el rendimiento escolar. Caso de estudio	55
Calidad y Medio Ambiente	63
Reducción de la contaminación auditiva y el ruido en un edificio de departamentos a través del centro del sistema eléctrico	64
Digitalización	72
Herramientas de apoyo a la creación de narrativas de riesgo en experiencias de realidad virtual	73
Innovación	93
Tecnología en ergonomía: dispositivo para la detección temprana de desvíos angulares críticos de la muñeca	94

Editorial

Pedro R. Mondelo

Director de los Congresos **ORP**

Esta pandemia nos está dejando pérdidas humanas y desolación económica, pero también nos ha brindado la oportunidad de renormalizarnos, entendiendo esta nueva normalidad como una sima profunda. Una profundidad con la continuidad esperada que nos permite, a pesar de todo, mantener una esperanza fundamentada en alcanzar un futuro más solidario y pleno para todos.

Este momento histórico ha planteado a la humanidad retos a resolver en un plazo muy corto que hubo que asumir sí o sí. Para tratar de superarlos nos hemos visto obligados a buscar soluciones disruptivas, innovadoras, creativas... e incluso ha favorecido muchas decisiones políticas inéditas, sorprendentes y asumidas con una velocidad inusual por parte de los gobernantes.

Estamos seguros de que todas estas medidas y las que sin duda vendrán, impactarán de una manera u otra en la Seguridad y Salud Laboral y facilitarán la configuración de empresas con implantaciones y soluciones inimaginables en 2019.



Entre el grupo de estas soluciones de urgencia aparecen mejoras abruptas que se manifiestan como brotes, no como procesos de mejora continua, y dan lugar a la consolidación de empresas diferentes. Estas compañías surgen con idearios localizados en lo que se ha venido en denominar Empresas Saludables (ES) y esta tipología de empresa mantiene unas premisas de funcionamiento que, por influencia social, están abocadas a generar un incremento diferencial en el nivel de salud global de las personas.

Las soluciones disruptivas que estamos enfrentando como planeta, se nos presentan como vectores ideológicos innovadores, y se manifiestan en la aparición de pequeños y múltiples cambios, los cuales impactan y generan escenarios pensados, en origen y en el mejor de los casos, para un futuro lejano. Han acabado consolidándose en el presente.

Estos nuevos escenarios de trabajo, muchas veces, ni tan siquiera eran deseados conscientemente: el uso del hogar como lugar de trabajo permanente, la oficina empresarial como espacio de socialización, los horarios de trabajo ajustados a las necesidades de los trabajadores y no prescritos por la empresa, los objetivos empresariales colectivizados y armonizados con necesidades sociales o gubernamentales... Todas estas ideas se habían postergado, por considerarlos poco realistas o incluso utópicas, han cristalizado de repente y se han aplicado con celeridad, eso sí, con múltiples adaptaciones territoriales, en un tiempo récord.

Por todo ello, los nuevos objetivos empresariales se han amoldado inmediatamente a estas peticiones sociales de urgencia. En menos de medio año de pandemia, se están ofreciendo y caracterizando desde la empresa soluciones imaginativas, factibles y viables a los retos de esta situación tan inesperada.

Hasta hace muy poco muchos de estos planteamientos hubieran sido caracterizados y desterrados por imposibles, y aparecían en el horizonte como figuras borrosas o como prospectivas inmaduras de deseos colectivos, o bien como planteamientos sociales pensados para el largo plazo, ya que su soporte y viabilidad económica estaban muy alejados de los objetivos empresariales al uso.

Pero, en estos tiempos de incertidumbre y zozobra que nos invaden, la velocidad del cambio se aceleró y pensamos que necesitamos afianzar una idea fuerza sobre la que construir la nueva Empresa y esto pasa, por ponerle el apellido con mayúsculas de Saludable quedando, para simplificar, con el acrónimo ES.

Los grandes cambios sociales se han apoyado, casi siempre, en una idea potente, estos avances y desafíos sociales se han manifestado al principio, por hechos anecdóticos, propagados como incendios, para llegar a generar y consolidar el gran desafío que escondía la idea original. Ese es el objetivo que perseguimos con la cultura ES.

Para construir esta nueva realidad empresarial y que el modelo sea comprensible creemos que este constructo se perpetuará y dará sentido a las organizaciones a partir de ahora. Debemos poner todo nuestro esfuerzo en conseguir unos objetivos operativos medibles de la ES, y debemos ser muy agresivos en las medidas que establezcamos para alcanzarlos, ya que en su consecución estriba todo el éxito de la operación. Debemos mostrar resultados medibles y contrastables de nuestra intervención en el corto plazo, si queremos que la ES sea una realidad palpable y no otra posibilidad teórica.

Pensamos que la pandemia que estamos sufriendo puede servir como catalizador de la Empresa Saludable y por extensión de la nueva definición de trabajo. Visto este con una mirada más aguda que ponga en valor los recursos intelectuales y creativos de las personas y relegue los esfuerzos físicos de las mismas a una categoría mecánica, a transferir y realizar por las máquinas inteligentes que crearemos las personas.

Orquestrar las necesidades y los desafíos sociales y llegar a unas relaciones de complicidad con la empresa y el mundo del trabajo, es sin lugar a duda, el gran reto de la humanidad. Esta pandemia nos lo ha escrito en el frontispicio de todos los y países, al fijar un objetivo común e irrenunciable para el planeta, el cual necesita de la concurrencia del conocimiento y saber hacer de todos los ciudadanos y de sus gobernantes, para sobreponernos a este reto de vulnerabilidad humana que nadie había previsto... al menos, en su intensidad y duración.

Pero sabemos, por la experiencia, que en la búsqueda de cambios efectivos y permanentes en las condiciones de trabajo o en las relaciones laborales, como en cualquier otro aspecto de la vida, existe un vicio de origen que estriba en que pretendidos cambios ideológicos no consensuados e ilusionantes, incluso si estos son drásticos y motivados por una necesidad tan acuciante como la actual, siempre llevan una carga muy profunda de voluntarismo e inmadurez por las partes en disputa. Muchas veces nos hemos encontrado con que la sociedad no tiene capacidad de digerir, o por que no le apasionan los cambios propuestos, o su velocidad, o el reparto de funciones... y a posteriori este rechazo es fuente de fracaso, involución e incluso de enfrentamiento entre las partes.

Por ello abogamos para la ES por cambios mucho más detallados, específicos y ajustados a la cultura empresarial fruto del momento anímico actual. Si somos capaces de atraer a las empresas hacia el

entorno de Empresa Saludable como lo hemos definido en la filosofía 5Z, y le sumamos necesidades territoriales específicas podría esta vez si, conseguirse avances diferenciales en la nueva empresa, consolidar los avances y mejorar la salud de las personas, fruto de un entorno saludable y de la visión holística que representa la Empresa Saludable.

El Covid19 nos ha enseñado, como primera gran lección trasladable a la empresa, la necesidad que tenemos, de diseñar sistemas con métricas claras y en tiempo real, ya que estas ayudan en las decisiones y producen cambios significativos, no olvidemos nunca más esta lección para nuestras empresas, el dato marca el norte y da sentido a nuestra hoja de ruta empresarial.

Para avanzar en la senda de la ES, debemos fijar qué es lo que puede funcionar en nuestra planificación estratégica empresarial, para un lapso muy corto e ir a por ese objetivo con toda nuestra capacidad organizativa.

Por lo tanto, deberemos preguntarnos continuamente en nuestro planteamiento de ES, en este tiempo tan extraño que nos ha tocado vivir, qué sociedad queremos y deseamos, ya que ahí está enquistado el tipo de empresa que obtendremos. Para ello debemos valorar en la ES, por ejemplo, que impacto tendrán los cambios demográficos, tecnológicos y económicos, en el desarrollo de las medias que queremos implementar en nuestra planificación estratégica.

El Covid19 nos muestra la potencia del dato, y la enseñanza que hemos sacado es que debemos tener al dato como norte de nuestras decisiones, para que estos analizados prolijamente nos permitan tomar decisiones confiables (confinamiento si o no, cuanto tiempo, todos, sectorizarlo, impacto del clima...) y de esta forma ajustarlos a nuestros objetivos, esta enseñanza del uso extensivo del dato debe afianzarse en nuestra organización como un valor de inicio en todos nuestros planteamientos y desafíos.

Los datos nos ayudaran en la toma de decisiones, en nuestra capacidad de acción y en la explicación plausible de los resultados; pero la innovación, la motivación, la voluntad y la perseverancia son los atributos humanos, necesarios para la consolidación de los resultados empresariales.

Otras grandes lecciones que nos ha traído la pandemia es el uso extensivo de, por ejemplo: los test, la biotecnología, o la irrupción del 5G. Todo ello ha llegado para quedarse en la empresa y deberemos aprender a convivir y extraerle el máximo provecho de estas necesidades, ya que nos muestran el camino que debe seguir nuestra Empresa Saludable... conviviremos con datos más refinados, fiables y relacionados con un contexto cambiante, sobre el que puede que no tengamos capacidad de intervención, pero que deberemos respetar y asumir como propio.

El paradigma de la Empresa Saludable es que adecua sus requerimientos a las necesidades de la sociedad en, por ejemplo, la planificación de la movilidad y el uso racional de horarios, conjugando por un lado la fluidez de los datos de movilidad y por otro las necesidades horarias de los trabajadores. Todo esto ayudaría a ir cerrando el círculo virtuoso entre los deseos de los trabajadores de conciliar su vida profesional y laboral, con las demandas de los horarios de la sociedad y con los objetivos temporales que debe cubrir la empresa.

Por lo tanto, para abordar el tema de la empresa que viene, debemos centrarnos –situarnos mentalmente- en el futuro, imaginarlo y recrear el presente desde allí.

Una mirada inteligente desde el futuro al presente del trabajo en clave de Empresa Saludable nos mostrará qué esperamos de las organizaciones en un lapso, por ejemplo, de cinco años, y se nos antoja que esta es la mejor manera de reducir riesgos, incertidumbres y mejorar la salud y calidad de vida de todas las personas del planeta.

Seguridad

Evaluación de riesgos ocupacionales de los trabajadores de la minería española (2018)

Modesto Freijo^{1*}, Lluís Sanmiquel¹; Joan Montaña¹; David Romero¹; Joan Bergas¹

*Corresponding author: freijo@ee.upc.edu

¹Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Abstract

El sector minero español puede clasificarse en dos tipos, minería energética y no energética. La actividad minera implica riesgos para la salud y seguridad en el trabajo. En este estudio se ha evaluado los riesgos laborales de los empleados en la minería española, teniendo como base el ejercicio del año 2018. Los accidentes de trabajo se concentran en los trabajadores con menos de un año de experiencia en su dedicación a la explotación minera. El sobreesfuerzo físico fue el que causó más bajas laborales en el transcurso de los últimos diez años. Los centros de trabajo de menos de 10 personas, que en España son mayoritarios, las lesiones por persona son más numerosas que en empresas con más personal. Los empleados de menos de 24 años son los que más sufren la siniestralidad laboral en los centros mineros.

Palabras clave

Sector minero, lesiones laborales, experiencia, edad, tamaño del centro.

Introducción

El sector minero español puede clasificarse en dos tipos, minería energética y no energética. La minería energética incluye las actividades relacionadas con la extracción de carbón, extracción de uranio, torio, y la extracción y preparación de cualquier combustible sólido. La extracción de petróleo y gas no está incluida. Por minería no energética se entiende por la extracción de minerales metálicos, no metálicos y productos de canteras.

La minería de carbón subterránea es reconocida como una de las operaciones más riesgosas en el mundo (Mahdevari, Shahriar, & Esfahanipour, 2014). Los mineros de carbón subterráneos están expuestos a peligros muy superiores a los que trabajan en la mayoría de las demás ocupaciones. En las minas subterráneas de carbón hay un número considerable de peligros que incluyen equipos especializados, altas temperaturas, humedad, estrés de rocas, carbón y polvo de sílice y gases nocivos.

En China, aunque el número total de muertos por varios accidentes en la industria minera del carbón ha disminuido en los últimos años, la explosión de gas en las minas de carbón todavía ocupa la mayor parte de los accidentes graves y amenaza la vida de los mineros (Yin et al., 2017).

La minería subterránea del carbón es una de las actividades más peligrosas en todo el mundo. Por lo tanto, el análisis de riesgos tiene un papel muy importante en las obras de minería del carbón (Yin et al., 2017).

La fatiga, el estado psicomotor y mental que acompaña a los trabajadores de las minas es uno de los principales factores que contribuyen a los accidentes laborales. Los efectos de la fatiga son particularmente peligrosos en el trabajo subterráneo. De ahí los desarrollos de sistemas cuyo objetivo medible sea reducir el número de accidentes y errores laborales y mejorar la salud y el bienestar de

las personas empleadas en minas subterráneas de carbón (Butlewski, Dahlke, Drzewiecka, & Pacholski, 2015)

En la minería a cielo abierto, es posible prevenir accidentes laborales como muertes, discapacidades físicas y pérdidas financieras mediante la implementación de análisis de riesgos por adelantado. Si se determinan las probabilidades de que diferentes grupos ocupacionales se enfrenten a varios peligros (Pas, 2017).

Las explotaciones mineras en España han experimentado durante las últimas décadas varios altibajos económicos. Las crisis financieras, el desempleo, el cambio de estructura en la generación de energía eléctrica, la preocupación por la sostenibilidad medioambiental, etc. han contribuido a esta deriva.

La minería del carbón se instaló en España en una irremediable agonía, anclada en un proceso de cierre paulatino de explotaciones.

La incidencia de los accidentes de trabajo en la minería energética española disminuye, mientras que la edad de los trabajadores lesionados aumenta. Sin embargo, la gravedad de las lesiones causadas por los accidentes aumenta con la edad (Sanmiquel, Freijo, Edo, & Rossell, 2010).

Las actividades mineras tienen importancia económica, ambiental, laboral y repercusión social a escala local e internacional (Escanciano, C., Fernández, B., Suárez, 2010).

Los accidentes son dolorosos y costosos para los trabajadores y sus familias. También pueden ser una gran carga para las compañías mineras porque, además de los costos de lesiones personales, pueden incurrir en costos mucho mayores de competitividad.

Las condiciones de trabajo adversas y los avances tecnológicos no pueden atribuirse únicamente a los incidentes que tienen lugar en los sitios de trabajo. Patterson & Shappell (2010) realizaron un estudio en Queensland, Australia, considerando los datos de accidentes de canteras, minas de carbón a cielo abierto, minas de carbón subterráneas, minas de metal a cielo abierto y minas de metal subterráneas y reveló que independientemente del tipo de mina, la principal causa de incidentes entre 2004 y 2008 fueron los errores basados en las habilidades realizadas por los operadores, lo que indica la necesidad de analizar los accidentes mineros desde la perspectiva del factor humano.

En un estudio realizado en USA en el 2015 (Nasarwanji & Sun, 2019) dedujeron que en la minería subterránea tuvieron una mayor prevalencia de lesiones, pero las plantas de tratamiento del material extraído tuvieron una mayor tasa de incidencia.

De forma global, entre la población laboral mundial, a millones de hombres y mujeres se les paga por trabajar en condiciones de trabajo deficientes. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) indica que anualmente se producen más de 321 millones de lesiones debido a riesgos laborales (Nakua et al., 2019).

Metodología

Para analizar la incidencia de edad, experiencia y tamaño en la cantidad de accidentes laborales en la minería no energética, se calculó un índice de riesgo. Este índice es indicativo de la incidencia de accidentes entre diferentes grupos o subpoblaciones (Butani, 1988), y se define como la proporción del porcentaje de lesiones atribuidas a una subpoblación dada (grupo de edad o tamaño del centro de trabajo) al porcentaje de la fuerza laboral total representado por esta subpoblación.

Se ha analizado la forma en que se produjo el accidente laboral, entre los años 2008 y 2018; considerando la antigüedad en la empresa, el tamaño del centro minero y la edad del trabajador, en donde hubo el accidente laboral.

Analizando estos tres parámetros por separado se obtiene:

1. Antigüedad en la empresa.

Se ha dividido la antigüedad en la empresa en diferentes compartimentos:

Hasta 1mes, de 1 a 2 meses, de 3 a 4 meses, de 5 a 7 meses, de 8 a 12 meses , de 1 a 3 años, más de 3 hasta 10 años y más de 10 años.

2. Tamaño del centro minero.

Se hicieron grupos según el tamaño del centro:

De 1 a 9, de 10 a 25, de 26 a 49, de 50 a 99, de 100 a 249, de 250 a 499, de 500 a 1000 y más de 1000.

Se calculó el índice de incidencia, tomando el 2018 como patrón, haciendo una relación entre el número de accidentes por cada tramo y el número de trabajadores expuestos a sufrir una lesión en cada tramo y este resultado se multiplica por 1000.

3. Edad del trabajador.

Se realizaron 11 grupos de edades comprendidas entre los 16 y más de 65 años:

De 16 a 19, De 20 a 24, De 25 a 29, De 30 a 34, De 35 a 39, De 40 a 44, De 45 a 49, De 50 a 54, De 55 a 59, de 60 a 64 y más de 65 años.

También se calculó el índice de incidencia .

Resultados y discusión

El número mayor de lesiones por accidente laboral según la forma que se produjo la lesión en las industrias extractivas españolas (Tabla 1) fueron en el 2008 "choque o golpe contra objeto en movimiento, colisión" con un 32,32% seguido de "Sobreesfuerzo físico, trauma psíquico, radiaciones, ruido, luz o presión" con un 29,70% y en tercer lugar "Choque o golpe contra objeto inmóvil (trabajador en movimiento)" con un 20,07% del total de las lesiones.

En el 2014 también la mayoría de las lesiones fueron provocadas por las mismas formas que se produjeron en el 2008. Siendo "Sobreesfuerzo físico, trauma psíquico, radiaciones, ruido, luz o presión" con un 38,98% seguido de "choque o golpe contra objeto en movimiento, colisión" con un 29,26% y en tercer lugar "Choque o golpe contra objeto inmóvil (trabajador en movimiento)" con un 18,99%.

En el 2018 sobresalieron los accidentes motivados por las causas anteriormente citadas, es decir, "Sobreesfuerzo físico, trauma psíquico, radiaciones, ruido, luz o presión" con un 39,5%, seguido de "Choque o golpe contra objeto en movimiento, colisión" con un 24,6% y "Choque o golpe contra objeto inmóvil (trabajador en movimiento)" con un 20,7%

Tanto en un año como en los otros 2, estos 3 tipos de forma de provocar el accidente representaron más del 80% de todos los accidentes laborales con baja en la minería española.

Tabla 1.-Accidente laboral con baja, según forma que se produjo la lesión en industrias extractivas

Accidente laboral con baja, según forma que se produjo la lesión en industrias extractivas	2018	%	2014	%	2008	%
"Contacto con corriente eléctrica, fuego, temperatura, sustancias peligrosas"	62	3	57	2,10	160	2,30
"Ahogamiento, quedar sepultado, quedar envuelto"	9	0,4	4	0,15	38	0,55
"Choque o golpe contra objeto inmóvil (trabajador en movimiento)"	423	20,7	516	18,99	1397	20,07
"Choque o golpe contra objeto en movimiento, colisión"	504	24,6	795	29,26	2249	32,32
"Contacto con agente material cortante, punzante, duro"	114	5,5	143	5,26	461	6,62
"Quedar atrapado, ser aplastado, sufrir una amputación"	98	4,8	104	3,83	313	4,50
"Sobreesfuerzo físico, trauma psíquico, radiaciones, ruido, luz o presión"	807	39,5	1059	38,98	2067	29,70
"Mordeduras, patadas, etc. (de animales o personas)"	4	0,2	8	0,29	42	0,60
"Infartos, derrames cerebrales y otras causas estrictamente naturales"	9	0,4	9	0,33	9	0,13
"Accidentes de tráfico (1)"	11	0,5	12	0,44	41	0,59
"Otra forma o contacto"	2	0,09	10	0,37	182	2,62
Total	2043		2717		6959	

Los accidentes de Trabajo según la antigüedad se fueron reduciendo año tras año (Tabla 2) siendo el tramo de más de 3 años hasta 10 los trabajadores que más lesiones laborales sufrieron. No obstante, se fueron reduciendo año a año, pasando de 1.287 en el 2010 hasta 717 en el 2018, con una reducción del 44,3 %.

Les siguen el colectivo de mineros de más de 10 años de experiencia que en el 2010 sufrieron 1.470 accidentes, en el transcurso de los años estas lesiones se fueron reduciendo hasta llegar a 2018, en este año se contabilizaron 572 accidentes, lo que implica una reducción del 61%.

Los trabajadores con menos experiencia laboral fueron los que menos accidentes sufrieron, así, estas personas con menos de un mes de antigüedad en la empresa pasaron de 91 lesiones en el 2010 a 79 en el 2018, lo que implica una reducción del 13,2%.

Cabe destacar que el año más duro en cuanto a lesiones laborales en la minería fue el año 2015, en especial para los empleados que llevaban menos de 4 meses de experiencia que sufrieron en total 388 accidentes laborales, que si lo comparamos con el año 2018 que fueron 286 lesiones, vemos que en el 2015 los accidentes laborales en las mines fueron un 35,6% más elevados.

Tabla 2.-Accidente laboral con baja, según antigüedad en el puesto de trabajo en industrias extractivas

	Hasta 1 mes	De 1 a 2 meses	De 3 a 4 meses	De 5 a 7 meses	De 8 a 12 meses	De 1 a 3 años	Mas de 3 hasta 10 años	Más de 10 años
2018	79	110	97	104	94	273	717	572
2017	53	91	73	93	107	333	599	490
2016	82	101	71	88	111	445	813	528
2015	107	172	109	96	138	302	993	731
2014	63	71	73	85	98	444	989	894
2013	44	74	65	60	134	419	966	721
2012	56	93	82	132	164	488	1.030	974
2011	84	141	151	143	161	644	1.202	1.172
2010	91	179	136	197	227	921	1.287	1.470

Los centros del trabajo de entre 250 y 499 trabajadores fueron los que tuvieron más accidentes, tanto en el 2010 (912) como en el 2018 (626) (Tabla 3).

Si en vez de fijarnos en los valores absolutos lo hacemos sobre los índices de incidencia (accidentes en relación al número de trabajadores) se ve que, tomando como número de trabajadores el número superior de cada división en las que se ha dividido el tamaño de las empresas. (Por ejemplo, de 1 a 9, se toma el 9. De 10 a 25 se toma 25. De 26 a 49 se toma 49), se ve que las empresas de menos de 9 trabajadores son las que más accidentes tiene por trabajador (Figura 1).



Figura 1. Accidentes por empleado, según el tamaño del centro de trabajo

En este año 2018, se observa que los empleados en centros de menos de 10 personas, que son la mayoría en España, tienen un índice de incidencia del 32,89 y a medida que las empresas son mayores este índice se va reduciendo, siendo menor cuanto más grande es la empresa.

Hay estudios en los que la conclusión fue de que las lesiones de mayor gravedad ocurren en empresas de 10 o menos personas (Fabiano B, Curro F, 2004)(Narocki C., 1997). En este estudio, el índice de incidencia más elevado también corresponde a las empresas con menos de 10 trabajadores, debido entre otras razones a que una gran cantidad de las empresas extractivas son pequeñas y emplean a la mayoría de la población ocupada, a dificultades a la aplicación de las actividades preventivas, a aspectos relacionados con la organización del trabajo, a un menor conocimiento de la legislación o a la disponibilidad de menos recursos financieros (Benavides FG, 2006) .

Según este estudio vemos que cuanto mayor es la empresa menor son el número accidentes laborales..., que coincide con diferentes estudios que abarcan todos los sectores económicos, que indican una menor severidad ocupacional en los centros de trabajo más grandes (Fabiano B, Curro F, 2004)

Tabla 3.- Accidentes con baja en jornada de trabajo, según tamaño del centro del trabajador

	De 1 a 9	De 10 a 25	De 26 a 49.	De 50 a 99	De 100 a 249.	De 250 a 499.	De 500 a 1000	Más de 1000.	No consta	Total
2018	296	374	282	172	147	626	135	8	3	2043
2017	296	300	274	167	154	526	105	10	6	1838
2016	297	375	299	215	181	764	98	5	5	2239
2015	319	326	352	348	181	999	109	6	8	2648
2014	327	320	302	359	345	947	104	8	5	2717
2013	251	349	286	300	409	771	99	8	10	2483
2012	329	429	362	360	362	1044	118	7	8	3019
2011	378	550	449	368	604	1023	301	14	11	3698
2010	457	677	569	621	897	912	341	27	7	4508

Según muestra la tabla 4, los trabajadores entre 35 y 45 años son los que más han sufrido la lacra de la siniestralidad en las minas españolas, en valores absolutos, porque son los que más hay , sin embargo los trabajadores entre 16 y 24 años son los que tienen más accidentes por operario, según la Figura 2.

Según varios autores los accidentes que con más frecuencia se da en la minería es el provocado por el esfuerzo físico o sobreesfuerzo. La condiciones de las mines, tanto a cielo abierto como subterráneas requiere el uso de herramientas pesadas que incrementan el riesgo de lesiones (Groves, Keckojevic, & Komljenovic, 2007)



Figura 2. Accidentes por trabajador, según el tramo de edad

Tabla 4.- Accidentes con baja en jornada de trabajo, del trabajador, según su edad en las minas

	De 16 a 19	De 20 a 24	De 25 a 29	De 30 a 34	De 35 a 39	De 40 a 44	De 45 a 49	De 50 a 54	De 55 a 59	De 60 a 64	Más de 65
2018	3	59	107	282	440	464	301	219	134	36	1
2017	5	37	103	289	373	389	317	170	110	45	1
2016	4	60	157	332	477	504	315	223	116	49	2
2015	6	44	230	444	544	638	375	222	107	38	0
2014	5	41	252	420	579	677	405	203	102	33	0
2013	6	51	263	436	549	592	294	159	113	23	0
2012	3	80	330	498	624	764	356	217	120	25	2
2011	12	151	411	603	750	962	397	223	150	25	4
2010	10	178	483	795	961	1.185	437	269	183	3	3

Los accidentes de Trabajo según la antigüedad se fueron reduciendo año tras año, siendo el tramo de más de 3 años hasta 10 años de experiencia, los trabajadores que más lesiones laborales sufrieron debido a que son los que más abundan, sin embargo, son los trabajadores con menos experiencia de un año los que más accidente tienen por operario.

En el 2018, lo anterior se reafirma, es decir, "Sobreesfuerzo físico, trauma psíquico, radiaciones, ruido, luz o presión" fue en este año y anteriores lo que provocó más lesiones con un 39,5% del total. Se considera que se debería automatizarse más todo el proceso minero, dejando que las máquinas hicieran más trabajo.

Tanto en 2018 como en los anteriores se observa que los trabajadores que son empleados en centros de menos de 10 personas, que son la mayoría en España, tienen un índice de incidencia del 32,89,

cuanto mayores son las entidades mineras, este índice va disminuyendo debido a que hay más personas dedicadas a la información y formación.

Los trabajadores entre 16 y 24 años son los que más sufren la incidencia de las lesiones por tener poca experiencia y formación preventiva en los procesos mineros.

Conclusiones

El "Sobreesfuerzo físico, trauma psíquico, radiaciones, ruido, luz o presión" el "choque o golpe contra objeto en movimiento, colisión" y "Choque o golpe contra objeto inmóvil (trabajador en movimiento)" son los 3 tipos de forma de provocar el accidente que representaron más del 80% de todos los accidentes laborales con baja en la minería española.

En este año 2018 se observa que los empleados en centros de menos de 10 personas, que son la mayoría en España, son los que mayor siniestralidad tienen por trabajador, teniendo menos lesiones cuanto mayor es la compañía extractora.

Los trabajadores entre 16 y 24 años son los que tienen más accidentes por operario minero.

La falta de experiencia laboral en el campo minero provoca que los operarios sufran más lesiones laborales.

Bibliografía

Benavides FG. (2006). Ill health, social protection labour relations, and sickness absence. *Occup Environ Med*, 63(4), 228–229.

Butani, S. J. (1988). Relative Risk Analysis of Injuries in Coal Mining by Age and Experience at Present Company, 10, 209–216.

Butlewski, M., Dahlke, G., Drzewiecka, M., & Pacholski, L. (2015). Fatigue of miners as a key factor in the work safety system. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 4732–4739. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.570>

Escanciano, C., Fernández, B., Suárez, A. (2010). Organización de la actividad preventiva y gestión de la seguridad y salud laboral en la minería española: experiencia de las empresas certificadas ISO9001. *Dirección y Organización*, 40, 86–98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2010.01.002>

Fabiano B, Curro F, P. R. (2004). A study of the relationship between occupational injuries and firm size and type in the Italian industry. *Safety Science*, 42, 587– 600.

Groves, W. a., Kecojevic, V. J., & Komljenovic, D. (2007). Analysis of fatalities and injuries involving mining equipment. *Journal of Safety Research*, 38(4), 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.03.011>

Mahdevari, S., Shahriar, K., & Esfahanipour, A. (2014). Human health and safety risks management in underground coal mines using fuzzy TOPSIS. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.076>

Nakua, E. K., Owusu-dabo, E., Newton, S., Otupiri, E., Donkor, P., Mock, C., ... Newton, S. (2019). Occupational injury burden among gold miners in Ghana. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 0(0), 1–7. <https://doi.org/10.1080/17457300.2018.1515232>

Narocki C. (1997). La prevención de riesgos laborales en las pequeñas y medianas empresas españolas. Cuadernos de Relaciones Laborales, 10, 157–181.

Nasarwanji, M. F., & Sun, K. (2019). Burden associated with nonfatal slip and fall injuries in the surface stone , sand , and gravel mining industry. Safety Science, 120(August), 625–635. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.007>

Pas, A. (2017). Risk assessment of occupational groups working in open pit mining : Analytic Hierarchy Process, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ism.2017.07.001>

Patterson, J. M., & Shappell, S. A. (2010). Operator error and system deficiencies: Analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. Accident Analysis and Prevention. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.018>

Sanmiquel, L., Freijo, M., Edo, J., & Rossell, J. M. (2010). Analysis of work related accidents in the Spanish mining sector from 1982-2006. Journal of Safety Research, 41(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.09.008>

Yin, W., Fu, G., Yang, C., Jiang, Z., Zhu, K., & Gao, Y. (2017). Fatal gas explosion accidents on Chinese coal mines and the characteristics of unsafe behaviors : 2000 – 2014. Safety Science, 92, 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.09.018>

Agradecimientos

Al Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social y al Instituto Nacional de Estadística por la información facilitada on line.

Detector de estructuras después de un sismo

Manuel Antonio Rosas Granados^{1*}, Juan Daniel Vera Olivares¹; María Salomé Infante Chavira¹

*Corresponding author: mrosas13@hotmail.com

¹Instituto Politécnico Nacional

Abstract

El proyecto se realizó con la finalidad de detectar el estado de una estructura después de que esta haya sido arrastrada algún fenómeno o desastre natural ya que estas estructuras después de dicho fenómeno quedaban inhabitables por falta de un chequeo inmediato y preciso, debido que en la actualidad en nuestro país no existe dicha tecnología por eso nace la necesidad de generar este proyecto que cubre de manera eficaz dicha problemática.

Este mismo está basado en una ardua investigación y recopilación de datos que se nos proporcionó de los recientes fenómenos naturales para así generar un promedio con el cual se determina si la estructura está en un peligro de derrumbe o todavía es habitable esto es indicado con un sistema de semáforo que se encuentra en el módulo y también es alertado en la aplicación desarrollada, y también se logró generar un apartado que nos indica una zona segura en caso de que nos encontremos en el derrumbe y este mismo modulo informara a las autoridades más pertinentes de forma inmediata.

El proyecto realizado genera una sensación de seguridad y calma debido que este monitorea siempre la estructura gracias a esto distintas autoridades o constructoras pueden recabar los datos de manera sencilla y utilizarlos en futuras construcciones o estadísticas.

Palabras clave

Sismológico, eficaz, estructura, detector

Introducción

Hoy en día los constantes fenómenos sismológicos presentes en el país han generado miedo e inquietud a sus habitantes por el hecho de saber si sus casas son seguras o esta misma les puede generar la muerte. Por este motivo.

Se presenta la necesidad de buscar generar seguridad de forma eficaz y con suma precisión. El presente prototipo es una propuesta de solución de las diferentes problemáticas antes mencionadas con un sustento científico sólido en un marco teórico práctico, desarrollando estrategias de solución de alto impacto, utilizando sensores de alta eficiencia que puedan presentar datos precisos y de manera inmediata, dando como resultado una proporción de datos que nos ayuda a salvar nuestras vidas, el cual cuenta con la capacidad de alertarnos en cualquier momento.

El proyecto lleva por nombre Hestia security, con un diseño moderno y compacto, cumpliendo el objetivo, de brindar a la comunidad un medio que nos indica el estado de las estructuras en las que estemos si es seguro estar dentro de la estructura o está corre peligro de un derrumbe.

El prototipo, proporciona datos por medio de nuestros sensores de alta precisión, los cuales son mandados a nuestro módulo que los recopila, este funciona con energía eléctrica o sin ella gracias a su batería de última generación, asegurándonos una mejor seguridad a nuestras estructuras.

Planteamiento del problema

Al pasar de los años en México se han presentado distintas catástrofes relacionadas con los sismos desde 1957 hasta el día de hoy, esto ha generado un miedo masivo en la población sobre su seguridad ya que los recientes sismos efectuados han generado las siguientes cifras : total de muertos del nuevo terremoto se contaba por cientos (la cifra oficial es 369), mientras que unas 250.000 personas quedaron damnificadas, más de 180.000 viviendas sufrieron daños con los dos terremotos y de esas, 50.610 tuvieron daños totales.

Dichas viviendas aportaron a muertes o desapariciones que no han sido contabilizadas ya que estas mismas se derrumbaron sin ningún previo aviso o alguna inspección, por ende, se busca realizar un prototipo el cual nos proporcione una inspección rápida, contundente y con datos precisos, con estas especificaciones nace Hestia security que tiene la capacidad de proyectar una imagen clara de la estructura mediante sus sensores y trazar un plano unidimensional de cada habitación que se encuentra en la dicha, también cuenta con la capacidad de informar al consumidor sobre el estado de su vivienda o negocio el mismo tiene la capacidad de emitir una señal de auxilio en caso de que te encuentres en el siniestro, esto mismo le puede ser proporcionado a las autoridades pertinentes para el buen uso de estos datos.

El objetivo general de este proyecto es elaborar un prototipo con enfoque tecnológico y preciso que nos proporcione datos minuciosos sobre la condición de una estructura a partir de la última tecnología en sensores.

Marco teórico

El ser humano es parte de la Naturaleza, sin embargo, hasta el momento, no ha logrado conseguir respuestas a todas sus inquietudes sobre lo que sucede a su alrededor. Día tras día la naturaleza, a través de fenómenos naturales como las lluvias, el nacimiento y muerte de hombres y mujeres, de plantas y animales, el calor, los movimientos de tierra, el frío, el canto de los pájaros, los ríos, los días y las noches, los vientos, las olas del mar, nos demuestra que no estamos solos en la Tierra y que todos los seres que la habitamos debemos compartirla sin agredirnos y respetarnos mutuamente.

Los seres humanos debemos mantener la equidad en el Planeta, viviendo en armonía con los demás elementos de la naturaleza (animales, montañas, árboles, ríos, mar, plantas, etc). Debemos también estudiar, investigar, conocer y entender los diferentes fenómenos naturales que suceden a nuestro alrededor, sin temerles, pero sí respetándolos como un elemento más de nuestro maravilloso mundo.

La historia nos dice que hombres y mujeres hemos hecho muchos esfuerzos por convivir armónicamente con la naturaleza, pero también nos dice, que no siempre ha sido así, y que más de una vez los diferentes fenómenos naturales y los seres humanos -a través de sus actividades- se han agredido y han roto el equilibrio del planeta, provocando graves daños al entorno, a las personas y a sus bienes, lo que generalmente se denomina como desastre.

Un movimiento sísmico es un movimiento vibratorio producido por la pérdida de estabilidad de masas de corteza. Cuando el movimiento llega a la superficie y se propaga por ésta le llamamos terremoto. El movimiento sísmico se propaga concéntricamente y de forma tridimensional a partir de un punto en la Corteza profunda o Manto superficial (en general, en la Litosfera) en el que se pierde el equilibrio de masas. A este punto se le denomina hipocentro.

Cuando las ondas procedentes del hipocentro llegan a la superficie terrestre se convierten en bidimensionales y se propagan en forma concéntrica a partir del primer punto de contacto con ella.

Este punto llama epicentro. Según nos alejamos del hipocentro se produce la atenuación de la onda sísmica.

Tipos de terremotos

Aunque la mayor parte de los movimientos sísmicos, los que podríamos llamar seísmos verdaderos, se producen por causas tectónicas, algunos de ellos se pueden producir por otras.

- Microsismos: pequeñas vibraciones en la Corteza terrestre provocadas por causas diversas. Entre las más frecuentes se encuentran grandes tormentas, hundimiento de cavernas, desplomes de rocas, etc.
- Sismos volcánicos: a veces los fenómenos volcánicos pueden generar movimientos sísmicos. Tal es el caso del hundimiento de calderas volcánicas, destape de las chimeneas en una erupción u otras.
- Sismos tectónicos: son los verdaderos movimientos sísmicos y los de mayor intensidad. Generalmente asociados a fracturas (fallas). Se producen por formación de fallas, movilización de fallas preexistentes o por movimiento de fallas asociadas.

Si damos un pequeño vistazo al historial de este tipo de catástrofes notamos que en América latina se han dado estos fenómenos naturales de una intensidad elevada, en los más destacados se encuentra: Chile, 22 de mayo de 1960: magnitud de 9,5

El terremoto de mayor magnitud registrado en el mundo tuvo lugar en Valdivia, Chile, en 1960. Dejó al menos 2.000 muertos y dos millones de personas damnificadas.

El sismo de magnitud 9,5 provocó erupciones de volcanes y un maremoto que destruyó ciudades de la costa chilena hasta cruzar el océano Pacífico y causar víctimas en lugares tan lejanos como Japón, Hawái o Filipinas, a donde llegó más de 15 horas después.

Partiendo del desarrollo tecnológico implementado recientemente, que dicho se ha modificado para bien de la sociedad se ha comprobado que los múltiples estudios y bases informativas, nos benefician como sociedad con un fin común, el propósito de la seguridad como una comunidad en conjunto.

En particular, la seguridad como un tema de importancia nos hace a todos partícipes, la cuestión no es que podamos evitar accidentes sino como prevenirlos, con el fin de resguardar y mantener como prioridad la seguridad ajena.

Como humanos podemos controlar ciertas circunstancias que pasan a nuestro alrededor, por ejemplo, la delincuencia es algo que la sociedad puede combatir y controlar, pero cuestiones de desastres naturales no podemos controlar, es algo impredecible y de consecuencias catastróficas, hay grandes pérdidas materiales y de vidas humanas.

El ser humano siempre ha estado constantemente cambiando, al igual que el entorno al que le rodea. Hemos intentado con todos nuestros recursos la prevención de los desastres naturales, pero la realidad es que está fuera de nuestras manos poder prever una catástrofe de esas dimensiones, específicamente hablando, un terremoto.

Al presenciar dicha destrucción de estas catástrofes se generó la necesidad de saber con anticipación cuando iba a ocurrir el movimiento telúrico, pero al paso del tiempo y aun así en la actualidad no hay dispositivo capaz de avisar o localizar dicha catástrofe, por ello nace como "solución" el sismógrafo, dicho aparato registra la amplitud de las oscilaciones que presentan dichos movimientos telúricos en un sentido vertical u horizontal, este dispositivo nos permite determinar en unos minutos antes el nacimiento de la catástrofe también su magnitud la cual es medida en una escala llamada Richter.

Justificación

El presente proyecto se elabora para ayudar a la población a tener una vida más segura y sin riesgos, evaluando las viviendas de los pobladores después de un sismo y estos mismos no expongan su integridad física para revisar en qué condiciones se encuentran sus viviendas ya que muchas de las personas que quedan atrapadas en sus hogares es después del siniestro ya que la casa queda muy dañada y con cualquier vibración por muy mínima que sea se cae o por una réplica del sismo.

Se pretende que el aparato no solo sea contemplado a la hora de realizar alguna construcción, sino que también sea de atender las necesidades humanas, en un sentido de bienestar emocional y físico de quien se disponga a utilizarlo. Además de tener una más amplia comodidad y el uso de sus servicios en casa como deben de ser, sin miedo y condición alguna, en la espera de que algo podría pasar.

El dispositivo les dé una señal de alerta en dado caso de que haya algún desperfecto en su vivienda y esté en peligro de derrumbe y esperen a que un personal más experimentado los pueda auxiliar.

Tanto esto como las demás herramientas y facilidades que cuenta el mismo dispositivo, a los respectivos usuarios se les hará más práctico el saber las condiciones internas o físicas del lugar donde habitan, dando así la manera adecuada de poder disponer de muchas facilidades que tenga a simple vista.

Tales facilidades brindan un sentimiento más profundo de comodidad al residir en una vivienda, otorgando a los habitantes la seguridad de que pueden prevenir más de un accidente a la hora de establecerse en una ubicación, conociendo de esta manera las insuficiencias que podría tener, además del mantenimiento que se pueda contemplar. Es decir, tras el análisis establecer una solución profesional.

De muchos ámbitos podría ayudar el prototipo, pero como principal objetivo se observar la manera en que se puedan prevenir problemas en alguna estructura, pero como primordial circunstancia, el tener una vitalidad segura antes de que alguna adversidad no planeada ocurra.

Resultados y discusión

El proyecto es de alta de precisión y amigable con el usuario por lo que garantizamos la salud del consumidor al usarlo, sus elementos internos aseguran de igual forma. Mientras las personas usan Hestia Security no sólo satisfacen una necesidad de seguridad, también genera una sensación de tranquilidad al estar dentro de la estructura.

El sensor de última generación, proporcionar datos específicos. Y la capacidad de alertar por medio de su aplicación si está a punto de colapsar la estructura.

El proyecto asegura ser 100% efectivo y preciso, A través de su sensor que como ya mencionamos es muy preciso y eficiente.

Principalmente se basa en el propósito de reducir las muertes por derrumbes ya que no se sabe la condición de la estructura y por ende no hay una seguridad total en la construcción. Para realizar la puesta en marcha se debe de seguir los siguientes pasos los siguientes pasos:

1. Colocar el sensor debajo del cimient
2. Conectar la batería al sistema arduino
3. Conectar el sistema arduino al módulo bluetooth
4. Conectar el sistema arduino al sensor
5. Instalar el modulo en un lugar visible

6. Conectar el modulo a corriente eléctrica
7. Verificar su funcionamiento por medio de la app

Conclusiones

El ser humano en su búsqueda constante de su bienestar y seguridad ante desastres naturales, ha evolucionado, ha implementado medidas para protegerse ante esas situaciones y más en nuestro país, ya que está en una zona en la que convergen cinco placas tectónicas, es por eso que ha surgido la necesidad de una tecnología, no que prevea el desastre, sino que te proteja y mantenga tu bienestar y seguridad.

Hestia Security es un sistema revolucionario y el cénit de la tecnología encargada de salvaguardar el bienestar e integridad física ante un siniestro, más específicamente, el derrumbe total o parcial de una estructura.

Debido a su factibilidad económica dicho prototipo es difícil de desarrollar a grandes escalas gracias a esto se tiene a Hestia Security como una propuesta a las problemáticas antes mencionadas ya que es una solución inmediata, se debe considerar que tiene más valor la vida o el dinero.

Bibliografía

ALIS, Krupskaja, RODRIGUEZ, Rey, “19 de septiembre, la fecha fatídica que dejó huella entre los mexicanos”, en <https://cnnespanol.cnn.com/2019/09/19/cientos-de-muertos-miles-de-damnificados-y-millones-de-dolares-en-perdidas-asi-fue-el-terremoto-del-19s-en-mexico/> (vi: 30 de enero de 2020)

Salud y Bienestar

Implementación de un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo para el Manejo Seguro de Nanomateriales en Actividades de Investigación

Germán Otálora^{1*}, Ana Carolina Álvarez¹; Homero F. Pastrana²; Elías Zarco²

*Corresponding author: geotalor@uniandes.edu.co

¹Universidad de los Andes

²BioNanoTech SAS

Abstract

Objetivos: Implementar un sistema de gestión del riesgo para el uso seguro de nanomateriales en la Universidad de los Andes para contener e idealmente eliminar afectaciones en salud sin limitar las actividades la investigación.

Métodos: Siguiendo los lineamientos de la GTC-ISO 12885:2017 se realizó la identificación de los nanomateriales en uso en la universidad mediante encuesta, revisión de compras y visita a laboratorios. Se realizó la estratificación del peligro de cada uno de los nanomateriales y la probabilidad de exposición. Se construyó la matriz de riesgo para cada laboratorio y cada nanomaterial. Se establecieron las medidas de manejo de nanomateriales para cada laboratorio de acuerdo con el nanomaterial usado y la actividad realizada.

Resultados: En los laboratorios el 67% resultó tener un riesgo alto, 19% intermedio y 14% bajo. Una vez implementadas las recomendaciones de manejo seguro de nanomateriales el porcentaje de laboratorios con riesgo alto descendió al 7%, los de riesgo intermedio y bajo constituyeron el 46 y 48% respectivamente. Se desarrollaron flujogramas con los biomarcadores para la evaluación médica del personal expuesto.

Conclusiones: La incertidumbre asociada al uso de nanomateriales en actividades de investigación ha constituido una preocupación para los departamentos de salud y seguridad en el trabajo. Para un desarrollo sostenible de la nanotecnología se requiere la implementación de sistemas de gestión que permitan contener y mitigar los efectos secundarios y potenciar su uso en búsqueda de mayores beneficios. Este es el primer trabajo en la región en implementar un sistema de gestión del riesgo con nanomateriales.

Palabras clave

Gestión del riesgo, nanomateriales, Seguridad y Salud en el Trabajo

Introducción

El objetivo de este trabajo fue diseñar e implementar un programa de prevención por exposición a nanomateriales en la universidad de los andes para identificar los nanomateriales, clasificarlos, evaluar el riesgo, definir acciones preventivas individuales y colectivas, de tipo ingenieril, administrativo y médico buscando minimizar afectaciones en salud sin limitar la promoción de la investigación con nanomateriales.

La utilización de tecnologías de vanguardia en actividades de investigación es una condición inherente a las universidades (Bonnín Roca, Vaishnav, Morgan, Mendonça, & Fuchs, 2017)(Avila Bernal, Ocampo, Wootton, Muñoz, & Viera, 2016). En el caso de la nanotecnología se suele asociar a incertidumbre en cuanto a los potenciales efectos adversos a la salud y ambiente (Galera, 2015). Lo que requiere programas que puedan evaluar estos riesgos desde una aproximación que complemente al principio de precaución y el uso de elementos de protección personal (EPP) con actividades como comunicaciones, seguimiento médico, revisión de literatura y preferiblemente con evaluaciones de toxicidad (Schulte et al., 2017) .

Importantes avances se han realizado en la identificación de biomarcadores de lesión, valores de exposición en el trabajo, pero aun existe un gap importante en conocer los límites de exposición en manufactura y los efectos durante el ciclo de vida al los consumidores y al ambiente (Ponce & Krop, 2018). La Comunidad Europea en 2011 lanzo un proyecto para la notificación a consumidores de la presencia de nanomateriales en productos cosméticos Regulación No. 1223/2009, (Pastrana, Avila, & Tsai, 2018). A la fecha, no se ha llevado a cabo una implementación de esta legislación evidenciando la dificultad de tener políticas desde gobierno cuando hay tecnologías emergentes (Santana Cabello, Gañán Rojo, & Zuluaga, 2019).

Las dificultades en la implementación de políticas publicas, la incertidumbre en de los efectos adversos del uso de nanomateriales y la incorporación de estos en actividades de investigación y en los procesos productivos resaltan la necesidad de implementar por parte de los departamentos de salud y seguridad del trabajo programas innovadores que permitan el manejo seguro de nanomateriales. Este documento presenta el trabajo conjunto entre diferentes grupos de investigación de la Universidad de los Andes con su departamento médico y la empresa BioNanoTech para el promover la seguridad en la salud de los investigadores, estudiantes y trabajadores en contacto directo e indirecto en la universidad.

Metodología

Siguiendo los lineamientos de la GTC-ISO 12885:2017(ISO, 2008) se realizó la identificación de los nanomateriales (NN. MM.) en uso en la universidad mediante una encuesta, revisión de compras de nanomateriales o reactivos precursores, revisión de literatura, visita a los laboratorios. Seguido de ello se realizó la estratificación del peligro de cada uno de los nanomateriales y la probabilidad de exposición.

Posteriormente, se construyo la matriz de riesgo para cada laboratorio y cada nanomaterial. Se visitaron cada uno de los laboratorios y se realizaron entrevistas sobre los procesos realizados con nanomateriales a los responsables de cada laboratorio. Luego, se establecieron las medidas de manejo de nanomateriales para cada laboratorio de acuerdo con el nanomaterial usado y la actividad realizada. Consecuentemente se llevo a cabo un acompañamiento en los laboratorios a los estudiantes mientras utilizaban nanomateriales en sus investigaciones. in-situ se les asesoró de los procedimientos seguros que se debían realizar. Finalmente se hizo una auditoría para verificar que el acompañamiento había generado hábitos seguros en el manejo de nanomateriales en la universidad.

Como metodología de ejecución del Programa, se seleccionó las mejoras prácticas de la Gerencia de Proyectos consignadas en la Guía de Fundamentos para la Dirección del Proyectos del PMI® (Project Management Institute, 2014). Para el Programa de Prevención de Riesgo por Exposición a Nanomateriales en áreas de investigación y laboratorios de la Universidad de los Andes de Bogotá se definieron 3 fases en el ciclo de vida del Proyecto, como se muestra en la Figura 1.

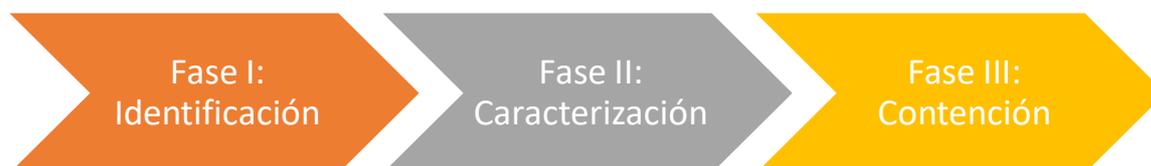


Figura 1. Fases del Programa de Prevención de Riesgo por Exposición a Nanomateriales

FASE I: Identificación

Se identificaron, en conjunto con los interesados los nanomateriales, las zonas y el personal expuesto a NN. MM. en la Universidad, esto incluyó la evaluación de sus antecedentes médicos. Se realizó el

mapeo de procesos de trabajo con NM, identificación de población en contacto directo y tiempos de exposición, revisión del inventario de EPP y barreras ingenieriles usadas.

Se identificaron inicialmente 11 laboratorios y áreas de trabajo o investigación. Lo que se descubrió en el transcurso de esta fase, y de las demás del Proyecto, es que nuevos laboratorios se sumaban al alcance para cubrir todas las zonas de trabajo con NMs de la Universidad. Al Cierre de la fase, se realizó el asesoramiento en prevención de riesgo Nano de 24 laboratorios y áreas de trabajo con NN. MM.

En los 24 laboratorios del universo del Proyecto, se identificó un total de 23 Nanomateriales clasificadas según su Banda de Peligro como se muestra en la Figura 2. Los niveles de peligrosidad se obtienen de la comparación con los materiales a macro escala, las fichas de datos de seguridad de los para los materiales comprados, y/o de la literatura disponible en el caso de los que son sintetizados en la Universidad.

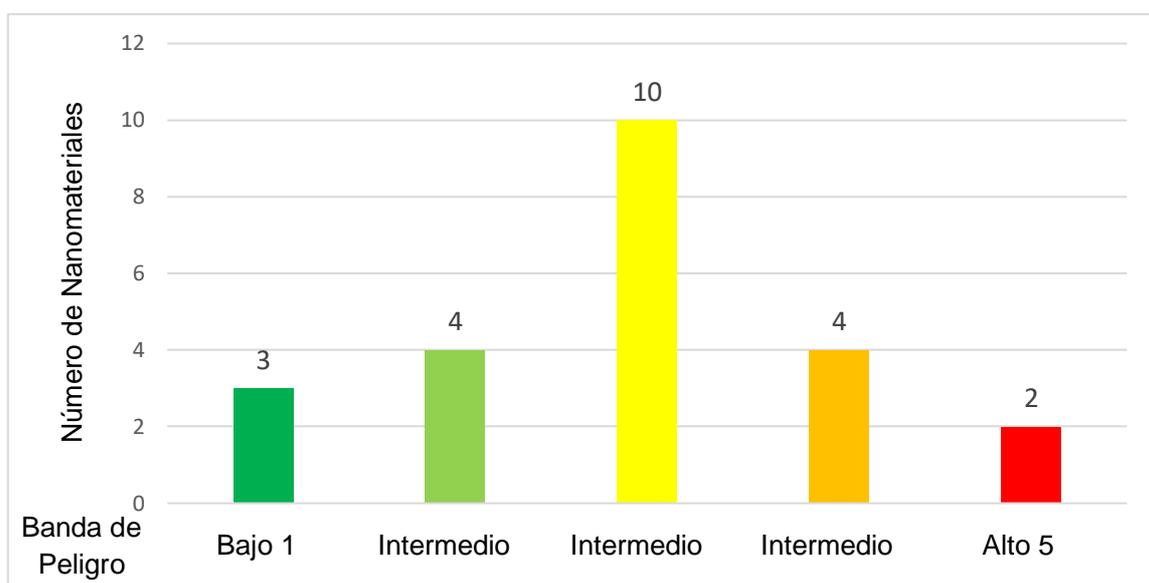


Figura 2. Cantidad de Nanomateriales en la Universidad de los Andes clasificados según su Banda de Peligro

Fase II: Caracterización

Siguiendo la recomendación de ISO (ISO, 2014) se definieron las siguientes Bandas de peligro y Exposición para los NN. MM. encontrados en la Universidad de los Andes. Ver Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Bandas de Peligro

Banda de Peligro	Descripción
Nivel Bajo 1	Sin riesgo significativo para la salud
Nivel Intermedio 2	Ligeramente tóxico
Nivel Intermedio 3	Peligro moderado
Nivel Intermedio 4	Peligro serio
Nivel Alto 5	Peligro severo

Tabla 2. Bandas de Exposición

Banda de Exposición	Descripción
Bajo	Existe una baja probabilidad de exposición
Intermedia	Existe una moderada probabilidad de exposición
Alta	Exite una alta probabilidad de exposición

La Caracterización del Riesgo se da por el análisis combinado de la Caracterización del Peligro y la Evaluación de la Exposición. Para cada Laboratorio y para cada NN. MM. se especifica la peligrosidad y esquematiza el proceso al que se somete cada NN. MM. y la banda de Exposición a la cual se ve expuestos los usuarios, estudiantes, profesores o personal del laboratorio cuantificados en las visitas y que interviene directamente el proceso. Se consideró en el modelo de Caracterización de Riesgo el número de personas que intervienen en este proceso, las Barreras Ingenieriles y los Equipos de Protección Personal que se deben utilizar en cada proceso. Cruzando la Peligrosidad de cada NM y la probabilidad de exposición se obtiene la Matriz de Caracterización de Riesgo de los Laboratorios y NN. MM. en la Universidad de los Andes. Se clasifica cada cruce en la Matriz de Riesgo. Ver Figura 3.

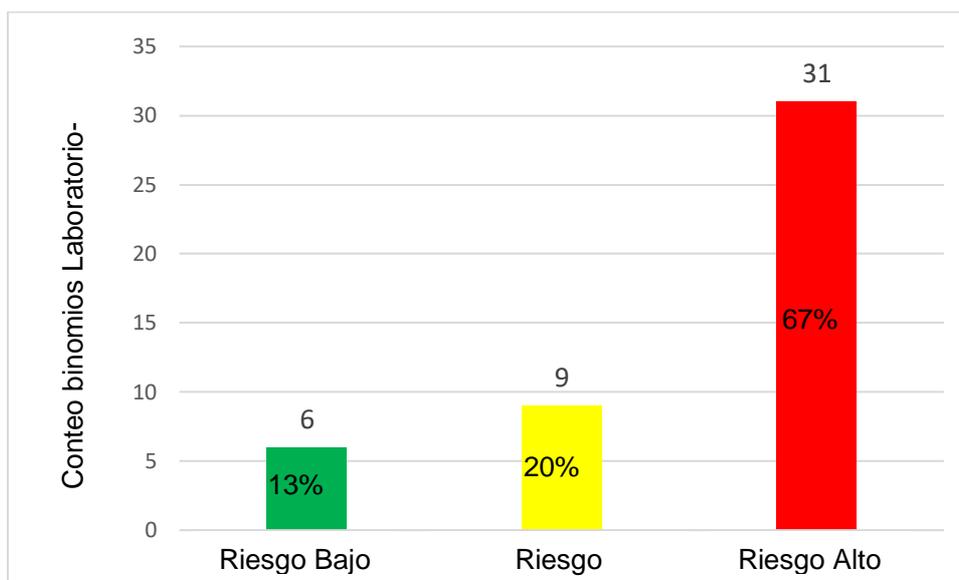


Figura 3. Conteo de Binomios Laboratorio-Nanomaterial en la Matriz de Riesgo de la Universidad de los Andes

Fase III: Contención

Se trabajó desde la perspectiva del acompañamiento in situ a los procesos de trabajo e investigación con NN. MM. y realizar asesorías de la evidencia de nanopartículas para evidenciar la exposición a NN. MM. en los laboratorios. Para cada área nueva de exposición a NN. MM. identificada, se llevó a cabo la siguiente secuencia de procesos que permitió asegurar la reducción y contención del riesgo por exposición a NN. MM. Este proceso se muestra en la figura 4.



Figura 4. Procesos para la Reducción y Contención del Riesgo en áreas identificadas de trabajo con NN. MM.

A continuación, una breve explicación de cada proceso seguido para laboratorios y áreas identificadas de trabajo con NN. MM.:

- **Capacitación:** Identificado el personal en contacto directo con NN. MM., se dictaron capacitaciones de generalidades de NN. MM., beneficios, peligros para la salud y formas de minimizar el riesgo.
- **Acompañamiento:** En una sesión de trabajo con NN. MM., se programó una visita para que, in-situ, se realizara una asesoría de las lecciones más importantes de Nanoseguridad en el trabajo de investigación para minimizar el riesgo de exposición.
- **Inspección:** En una sesión de trabajo con NN. MM., se programó en una visita para que, in-situ, se realiza una evaluación de las condiciones de nanoseguridad, y se certifica que el personal de investigación sigue las instrucciones impartidas en los pasos anteriores.
- **Cálculo del Riesgo:** Como medida cuantitativa de la implementación del Programa de Prevención por Exposición a Nanomateriales se calculó nuevamente el nivel de Riesgo considerando el uso correcto de EPP y las Barreras sugeridas para para binomio laboratorio-nanomaterial, se consideró la evaluación de las capacitaciones en seguridad para reducir el Riesgo. Con una adaptación del modelo de Stoffenmanager Nano de ISO (ISO, 2014), se obtuvo el nuevo nivel de Riesgo del Universo del Proyecto. Ver Figura 5.

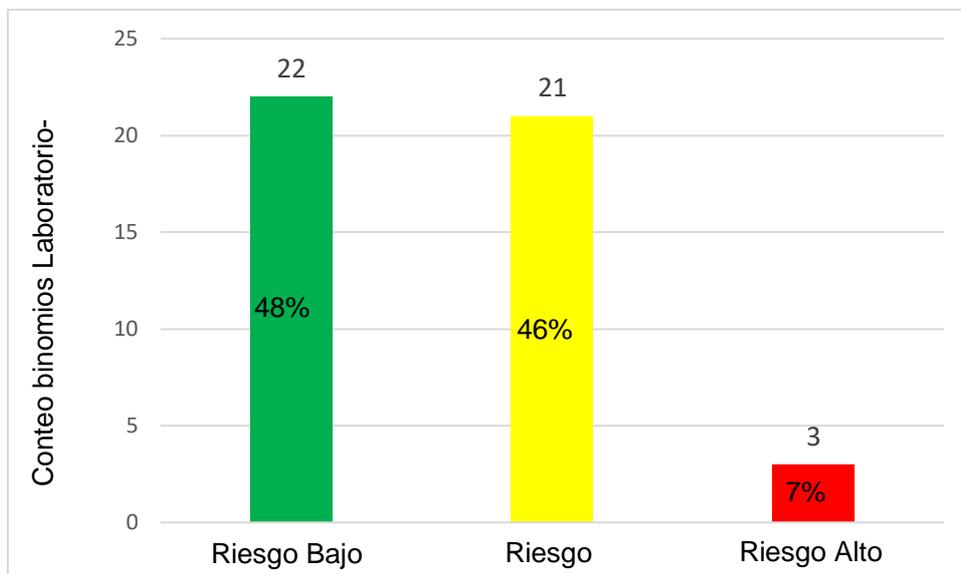


Figura 5. Cálculo del Riesgo y conteo de binomios Laboratorio-Nanomaterial en la Matriz de Riesgo de la Universidad de los Andes después de la implementación del Programa

• Mejora Continua: Se realizó una asesoría en la vigilancia médica del personal en contacto directo con NMs. En la Figura 6 se muestra el flujograma de evaluación de biomarcadores para personal expuesto a NN. MM. en aerosol.

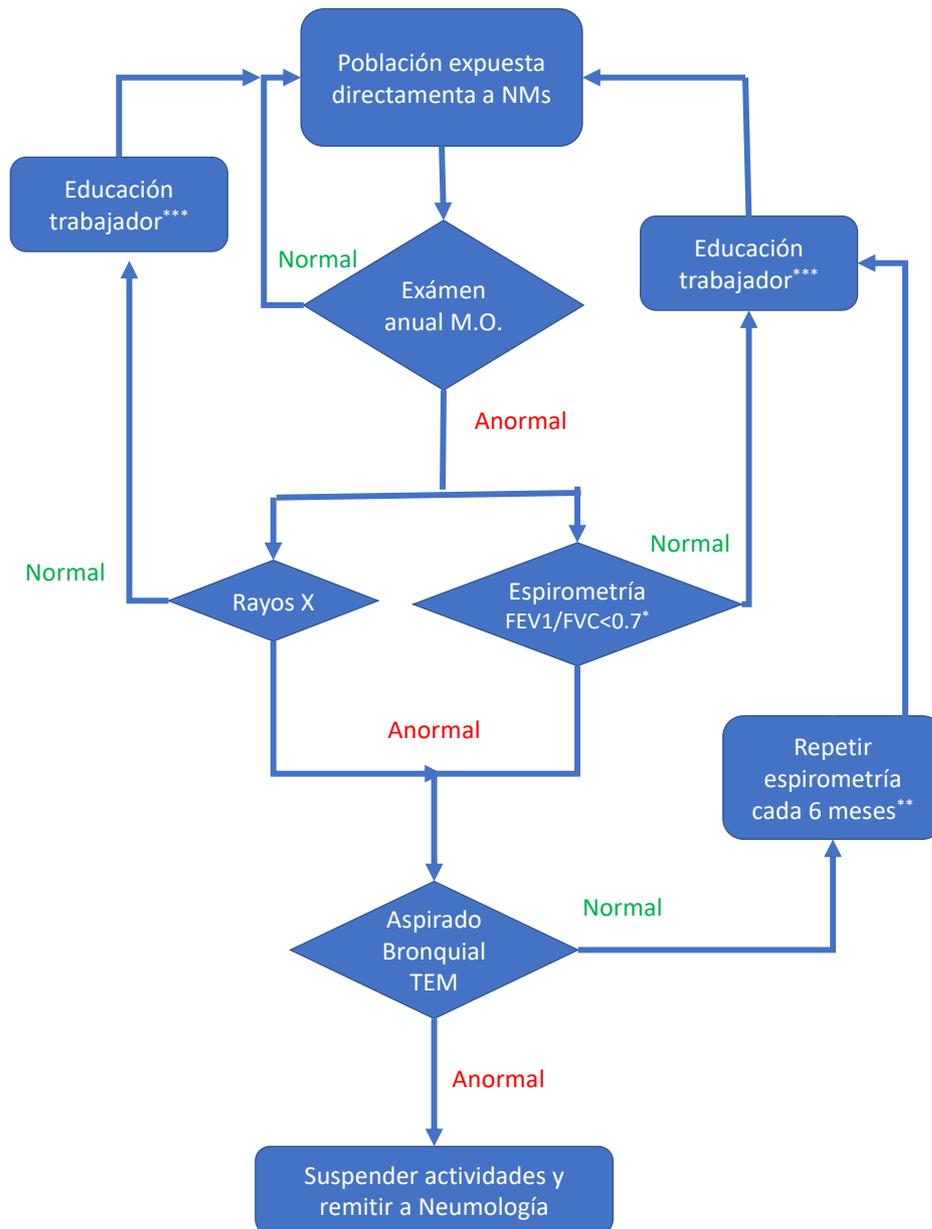


Figura 6. Proceso de revisión anual de personas expuestas a NN. MM. en aerosol (NIICE, 2018)(Pietrojusti, Stockmann-Juvala, Lucaroni, & Savolainen, 2018)(Global Initiative for Asthma, 2018).

Como resultado de las tareas ejecutadas en las fases del Proyecto, se elaboraron, distribuyeron y se colocaron en implementación las lecciones aprendidas en Nanoseguridad para cada área de trabajo y población específica. A continuación, las lecciones aprendidas recopiladas y apropiadas.

- Actualizar periódicamente la base de Nanomateriales en su repositorio documental e identificar las áreas de trabajo. Actualizar las Fichas de Datos de Seguridad de cada nanomaterial.
- Señalar las áreas de trabajo con Nanomateriales con etiqueta o rótulo para Nano. Rotular de igual manera, las bolsas de color rojo de residuos Nano.
- Identificar y capacitar en todo el personal que está en contacto directo o indirecto con Nanomateriales.

- Utilizar estricta y correctamente los EPP y barreras de ingeniería designados para el trabajo con cada nanomaterial.
- Se debe tener precaución extrema con los procesos de mayor exposición a nanomateriales como pesaje, agitación, sonicación, calentamiento, apertura de compuertas. Utilizar EPP y barreras de ingeniería adecuados para cada proceso.
- Cambiar con frecuencia los EPP. Garantizar las condiciones de limpieza de implementos, EPP e infraestructura.
- En caso de derrame o accidente, activar el sistema de emergencias.
- Mantener un aseo estricto en todas las zonas de trabajo con Nanomateriales para evitar contaminación cruzada de muestras y/o personas.
- Tener a disposición y fácil acceso las Fichas de Datos de Seguridad de los Nanomateriales en sus sitios de trabajo.
- Realizar los exámenes médicos periódicos de rutina en busca de cambios en la condición de salud de los trabajadores que están en contacto directo con nanomateriales.

Resultados y discusión

Se encontraron 24 laboratorios que realizaban actividades con nanomateriales, previamente se habían estimado solo 11, y 177 personas expuestas directamente a estos materiales. En estos laboratorios el 67% resultó tener un riesgo alto, 20% intermedio y 13% bajo. Una vez implementadas las recomendaciones de manejo seguro de nanomateriales el porcentaje de laboratorios con riesgo alto descendió al 7%, los de riesgo intermedio y bajo constituyeron el 46 y 48% respectivamente. Considerando el órgano blanco para cada nanomaterial la vía de exposición se desarrollaron flujogramas con los biomarcadores para la evaluación médica del personal expuesto a estos materiales (Krug, 2018).

La recolección y puesta en práctica de las lecciones aprendidas durante todo el transcurso del Proyecto, fue fundamental para que en cada fase siguiente se depuraran los procesos y minimizar el riesgo.

La incertidumbre asociada al uso de nanomateriales en actividades de investigación ha constituido una preocupación para el departamento médico, seguridad y salud en el trabajo. La incertidumbre emerge ante la diversidad de variables para determinar el peligro de los nanomateriales de como tamaño, forma, composición, impurezas, superficie de área entre otros y las condiciones de quien las usa al igual de las actividades que se desarrollan. Para un desarrollo sostenible de la nanotecnología se requiere la implementación de sistemas de gestión que permitan contener y mitigar los efectos secundarios y potenciar su uso en búsqueda de mayores beneficios y de forma segura. Este es el primer trabajo en la región al implementar un programa de prevención por exposición al riesgo con nanomateriales.

Conclusiones

La incertidumbre asociada al uso de nanomateriales en actividades de investigación ha constituido una preocupación para los departamentos de salud y seguridad en el trabajo. Para un desarrollo sostenible de la nanotecnología se requiere la implementación de sistemas de gestión que permitan contener y mitigar los efectos secundarios y potenciar su uso en búsqueda de mayores beneficios. Este es el primer trabajo en la región en implementar un sistema de gestión del riesgo con nanomateriales.

Bibliografía

Avila Bernal, A.-G., Ocampo, A. M., Wootton, O., Muñoz, F., & Viera, P. (2016). Nanotechnology and Manufactured Nanomaterials in Latin America and the Caribbean: Safety Issues. <https://doi.org/978-958-774-305-0>

Bonnín Roca, J., Vaishnav, P., Morgan, M. G., Mendonça, J., & Fuchs, E. (2017). When risks cannot be seen: Regulating uncertainty in emerging technologies. *Research Policy*, 46(7), 1215–1233. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.05.010>

Galera, A. (2015). El impacto de la nanotecnología sobre la seguridad y la salud laboral. *ORPjournal*, 2(2), 31–58.

Global Initiative for Asthma. (2018). GINA Report: Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Retrieved from <https://ginasthma.org/2018-gina-report-global-strategy-for-asthma-management-and-prevention/>

ISO. (2008). ISO/TR 12885:2008(en), Nanotechnologies — Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:tr:12885:ed-1:v1:en>

ISO. (2014). ISO/TS 12901-2:2014 Nanotechnologies — Occupational risk management applied to engineered nanomaterials. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:12901:-2:ed-1:v1:en>

Krug, H. F. (2018). The uncertainty with nanosafety: Validity and reliability of published data. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 172(February), 113–117. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2018.08.036>

NIICE. (2018). Chronic obstructive pulmonary disease in over 16s: diagnosis and management. Retrieved from NICE website: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng115/chapter/Recommendations#incidental-findings-on-chest-xrays-or-ct-scans>

Pastrana, H., Avila, A., & Tsai, C. S. J. (2018). Nanomaterials in Cosmetic Products: the Challenges with regard to Current Legal Frameworks and Consumer Exposure. *NanoEthics*, 12(2), 123–137. <https://doi.org/10.1007/s11569-018-0317-x>

Pietrojusti, A., Stockmann-Juvala, H., Lucaroni, F., & Savolainen, K. (2018). Nanomaterial exposure, toxicity, and impact on human health. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology*, e1513. <https://doi.org/10.1002/wnan.1513>

Ponce, A., & Krop, H. (2018). EU Observatory for Nanomaterials: A Constructive View on Future Regulation. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3103633>

Project Management Institute. (2014). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*.

Santana Cabello, R., Gañán Rojo, P., & Zuluaga, R. (2019). Lessons from the European Regulation 1223 of 2009, on Cosmetics: Expectations Versus Reality. *NanoEthics*, 13(1), 21–35. <https://doi.org/10.1007/s11569-019-00335-6>

Schulte, P., Geraci, C., Hodson, L., Zumwalde, R., Kuempel, E., Murashov, V., ... Heidel, D. (2017). Overview of Risk Management for Engineered Nanomaterials. *Journal of Physics Conference Series J*.

Phys.: Conf. Ser., 429. Retrieved from <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/429/1/012062/pdf>

Nuestra experiencia 5Z

Asid Alberto Rodríguez Villanueva^{1*}, Juan Sebastián Cervantes Posada¹

*Corresponding author: asid.rodriquez@upl-ltd.com

¹Uniphos Colombia Plant Limited

Abstract

La planta UPL situada en Barranquilla (UNIPHOS COLOMBIA PLANT LIMITED), es una compañía dedicada a la producción de protectores de cultivos, la cual entiende que la gente, representa el elemento diferenciador para la obtención de sus objetivos.

La cultura 5Z es un modelo para una organización saludable basada en la mentalidad de Visión Cero. UCPL ha introducido esta cultura en su personal en la búsqueda de un bienestar integral en cada uno de ellos y así mismo mejoramiento en la productividad.

El trabajo describe el paso a paso de lo ejecutado al interior de la organización para estar preparados para recibir La auditoría que identifica evidencias, valida la documentación aportada por la organización y el cumplimiento de requisitos siguiendo los estándares de Empresa Saludable 5Z.

Como resultado UCPL ha sido galardonada como la primera empresa a nivel global que recibe el reconocimiento 5Z.

Palabras clave

Empresa Saludable, Visión Cero, 5Z

Introducción

La planta UPL situada en Barranquilla (UNIPHOS COLOMBIA PLANT LIMITED), es una compañía dedicada a la producción de protectores de cultivos que inicia labores en el año 2010 luego de adquirir el negocio a la corporación DuPont, (responsable por su instalación en el sector industrial de la ciudad desde el año 1963.)

Hacemos parte del grupo indio UPL, una de las cinco compañías globales de soluciones totales para los cultivos, enfocada en asegurar el suministro de alimentos a largo plazo del mundo, que cuenta con ingresos del orden de los US\$3.14 billones, presencia en 130 países y más de 10.300 empleados de 75 nacionalidades, con 12.400 productos registrados y 90% de acceso en el mercado global.

UPL entiende que la gente, representa el elemento diferenciador para la obtención de sus objetivos trazados y la creación de una compañía excelente, por esto se ha enfocado en convertirse en una empresa segura y saludable con un capital humano cada vez más preparado, que vela porque sus colaboradores regresen a sus casas de la misma forma como iniciaron su jornada laboral, de esta forma su más importante indicador es el que marca con 0 las enfermedades ocupacionales, lo cual se ha mantenido durante los 56 años de funcionamiento de la planta, cuya consecuencia directa es la presencia de empleados con buena salud tanto física como emocional, lo cual corroboramos con los resultados de la encuesta de riesgo psicosocial (índices de satisfacción laboral 89%), así como con reconocimientos externos tales como los otorgados por la ARL Colmena "Premio Lideres" o por la Fundación Internacional Occupational Risk Prevention- ORP-, entidad que nos incluyó entre el selecto grupo de Empresas Saludables reconociendo nuestro compromiso de difusión y aplicación de los valores de la prevención de los riesgos laborales.

Uno de nuestros más recientes reconocimientos justamente se asocia a nuestro ambiente laboral y su medición nos permitió la certificación de Great Place to Work® e Icontec donde indican que el ambiente laboral de la planta UPL de Barranquilla, “supera al que se encuentra en la mayoría de las organizaciones de Colombia, que se han propuesto tener un Ambiente Laboral excelente”.

La cultura 5Z es un modelo para una organización saludable basada en la mentalidad de Visión Cero. Es una iniciativa de FiORP en la búsqueda de promover el bienestar de las personas y los entornos de trabajo sostenibles.

5Z integra las siete Reglas de Oro del concepto Visión Zero de la AISS. En línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para 2030, adopta una visión más integral de la empresa al incorporar dimensiones adicionales como el liderazgo, el desarrollo de los recursos humanos, la igualdad y el uso sostenible de los recursos naturales. La implementación de esta cultura gira en torno a cinco ejes fundamentales:

- Zero Accidentes: Reducción de accidentes de trabajo y lesiones
- Zero Enfermedad: Protección y promoción de la salud física y mental
- Zero Residuos: Garantizar el uso sostenible de los recursos
- Zero Desigualdad: Fortalecer equipos a través de la diversidad
- Zero Desconocimiento: Desarrollar talento

UPL encontró entonces que el estímulo a entornos de trabajo seguros, sanos, sostenibles y sensibles y singulares promovido por FiORP, se encontraba totalmente alineado a los valores corporativos GANAR, GANAR, GANAR y SIEMPRE HUMANOS, que se llevan a la realidad a través de la conexión con la gente, en forma humana, mostrando respeto, demostrando confianza, celebrando la diversidad, favoreciendo la informalidad sobre lo corporativo y lo cálido sobre lo fresco” y cuyo alcance considera tanto a empleados como con las comunidades vecinas a la planta(a través del programa de Responsabilidad Social), lo cual se enmarca en la toma de decisiones responsables encaminadas a un crecimiento sostenible (con todos los conceptos ambientales, financieros y de seguridad).

Metodología

Como parte de la metodología, la gerencia de planta definió a un grupo interdisciplinario de empleados pertenecientes a las áreas de Gestión Humana, Salud Integral, Responsabilidad Social, Seguridad y Gestión Ambiental a quienes designo como líderes de cada una de las “Zs” asociadas al modelo, definiendo esta responsabilidad como parte de sus KPI.

Paso seguido, al equipo de trabajo fue introducido en la filosofía 5Z, posterior a lo cual cada responsable recibió las guías de buenas prácticas asociadas a su Z de competencia, con cuyo resultado se efectuaría el diagnóstico de la compañía.

Periódicamente el equipo de liderazgo en cabeza de la gerencia de planta desarrollaba una reunión con cada uno de los representantes de las Zs para conocer estatus de avance y especialmente las brechas entre lo requerido y lo existente en la organización.

A continuación, se presenta una gráfica que resume el paso a paso del desarrollo del proyecto

EMPRESAS SALUDABLES : EMPRESAS QUE CREAN EL FUTURO



Figura 1: Procedimiento para el desarrollo del proyecto

Paso 1

La organización en cabeza de la gerencia de planta y el área de Gestión Humana y Salud Integral efectúan un análisis de los beneficios ofrecidos por la Red Internacional de Empresas Saludables (RIES), iniciativa de la Fundación Internacional ORP(FIORP), a continuación, se presentan algunos de los contemplados:

- Oportunidad de Inter relacionamiento con empresas que comparten intereses comunes además del acceso a una base de datos de buenas prácticas de empresas saludables en el mundo.
- Disponibilidad de acceder a una herramienta de gestión que permite visualizar la evolución de la compañía en el ámbito de Empresa Saludable.
- Oportunidad de ampliar la base de colaboración con otras empresas orientadas en avanzar y consolidar el bienestar de sus trabajadores.
- Posicionamiento y reputación corporativa
- Posibilidad de hacer parte de una comunidad de prestigio, donde se comparte conocimiento, así como el establecimiento de relaciones con empresas de todo el mundo con intereses comunes.
- Utilización de guías validadas por FIORP promotoras de buenas prácticas y un nuevo estilo de vida empresarial saludable.
- Posibilidad de efectuar un diagnóstico a la medida, a través del mapa de calor, que permite identificar fortalezas y áreas de mejora para posteriormente proponer soluciones para las mismas.
- Nueva oportunidad de involucrar al personal de la organización, en la búsqueda de la excelencia como empresa saludable, proponiéndolo como un reto común.
- Continuar promoviendo en la empresa Posicionar la búsqueda de la mejora continua en temas de promoción y prevención.

Paso 2

La compañía formaliza el ingreso a RIES a través de una carta de intención y coordina a nivel interno, la gestión administrativa asociada, (incluye pagos)

Se adjunta a la carta de intención un cuestionario de diagnóstico inicial, posterior a lo cual la gerencia socializa con la organización este nuevo reto propuesto por la planta y los beneficios que sus resultados generará para todos.

Paso 3

En este paso cada uno de los miembros del grupo interdisciplinario responsable por las Zs efectúan el diligenciamiento de la Herramienta de Diagnóstico o mapa de calor, para lo cual se contó con un periodo de máximo 1 mes.

Se adjunta pantallazo donde se documentan las calificaciones generadas como resultado del ejercicio diagnóstico, cuya sumatoria generó una puntuación total de 3644, lo cual permitió la aprobación por parte de RIES de continuar el proceso a través de una auditoria desarrollada por el personal experto. Se agrega mensaje aprobatorio:

“Tras remitir el cuestionario a nuestro equipo de expertos compuestos por profesores universitarios, profesionales con larga trayectoria empresarial y representantes de administraciones públicas, nos trasladan que Uniphos estaría lista para ser auditada por la Fundación Internacional ORP para obtener el Sello Transparente 5Z.”

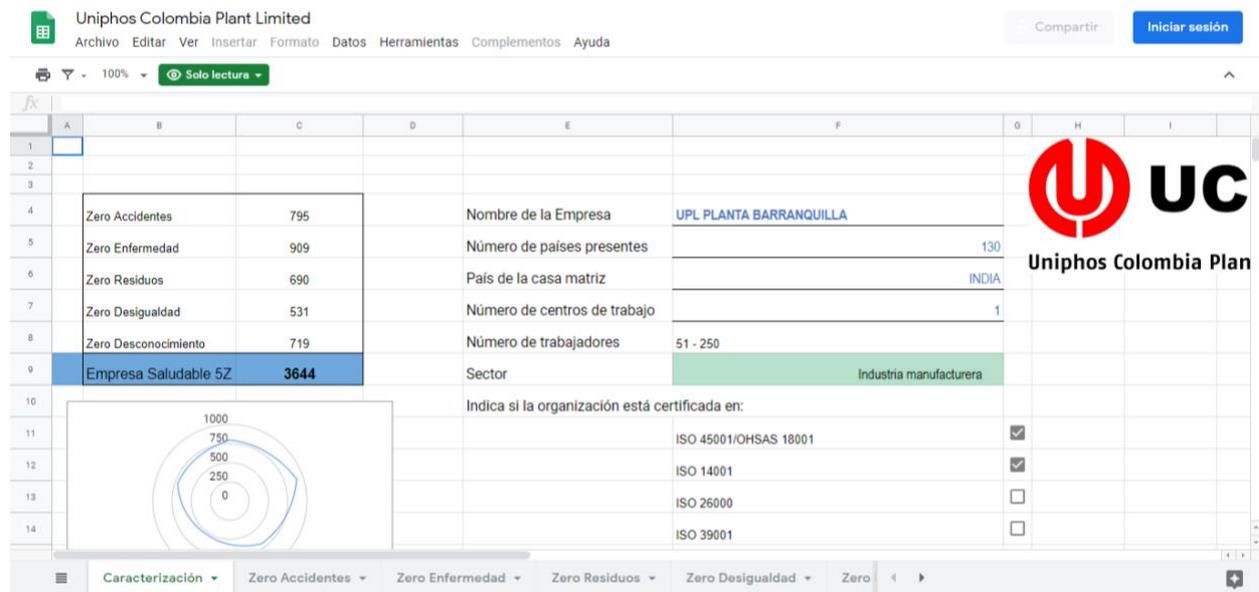


Figura 2: Muestra del cuestionario 5Z

Paso 4

A partir de la evaluación cada uno de los miembros del equipo interdisciplinario recibieron la guía de soportar documentalmente las buenas prácticas registradas a través de la herramienta diagnóstica, y especialmente de desarrollar las acciones necesarias para cerrar las brechas identificadas.

Periódicamente los responsables de cada una de las Zs efectuaban reuniones con la gerencia de planta y el Líder de Gestión Humana para revisar avances en el proceso o cuellos de botella identificados.

Paso 5

Atendiendo los diversos compromisos asociados a las auditorias demandadas por los sistemas de gestión y compromisos definidos en la compañía, se programa de común acuerdo con la fundación la fecha para la auditoria (octubre 16, y 17 de 2020)

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ejes fundamentales promovidos para el mantenimiento de un estilo de vida saludable:

ZERO ACCIDENTES.

- Se aplican procedimientos para la evaluación de riesgos e investigación de accidentes acorde a los requisitos legales y otros requisitos de cumplimiento voluntario.
- Se dispone de procedimientos para la gestión de los factores ergonómicos en los procesos de la compañía evidenciándose a través de la realización de evaluaciones periódicas de factores de riesgos.
- Existen planes de intervención de los factores de riesgo higiénico, sistema periódico de evaluación de riesgos, así como evaluación de riesgos de los productos y sustancias adquiridas.
- Se realizan Planes de Formación e Información vinculados a SST.
- Existen indicadores vinculados a la actividad desarrollada en la organización.
- Se demuestra un liderazgo y compromiso con respecto al sistema de gestión de la SST.

ZERO ENFERMEDAD

- La organización ha consolidado aspectos relacionados con el bienestar de su personal, mostrando evidencias de actuaciones en promoción de la salud, así como un liderazgo sólido.
- La organización cumple con el requisito legal de realizar reconocimiento médico al personal a contratar.
- Se dispone de políticas en salud laboral se establecen de manera jerárquica y vertical.
- Existe una política de gestión del absentismo centrada en el seguimiento y registro de los datos.
- En primeros auxilios se realizan formaciones periódicas.
- Se evidencia la existencia de botiquines de primeros auxilios en planta.
- Existen planes de formación en brigadas de emergencia centrada en accidentes operacionales o conatos de explosión y/o incendio, en las
- actuaciones de evacuación, remediación ambiental y operacional.
- Se disponen procedimientos para la gestión íntegra del área psicosocial.
- Existe una política de beneficios para los empleados que contempla fomentar buenos hábitos de alimentación dentro de las instalaciones de la empresa.

ZERO RESIDUOS

- La organización muestra un Plan de Gestión Ambiental, centrado en el uso eficiente del agua, en las áreas de políticas globales y en la gestión de procesos.

- La organización aplica gestión ambiental en el proceso de producción.
- Fomentan una política de reciclaje que involucra a los residuos que generan a los trabajadores en su hogar.
- El protocolo de mediciones de reciclaje es coherente con los estándares al uso.

ZERO DESIGUALDAD

- Dispone de política de equidad implantada en la organización.
- Existe política de inclusión laboral
- Existen políticas no discriminatorias en el desarrollo profesional dentro de la empresa.
- La organización tiene una política de igualdad implementada.

ZERO DESCONOCIMIENTO

- Se observan evidencias en la realización de evaluaciones de desempeño.
- Se evidencia un Plan de Desarrollo para el personal a través de evaluaciones de desempeño, con sus respectivas capacitaciones vinculadas a los resultados de la evaluación.
- Existen canales visibles y accesibles sobre campañas de información.
- La organización ha abordado el reto de la digitalización en su sistema de gestión de la seguridad laboral y el medio ambiente.

Conclusiones

En el transcurrir de sus 56 años, la planta de Barranquilla se puede definir como una organización positiva, caracterizada no solo por su excelencia organizacional y el éxito financiero, sino también por gozar de una fuerza laboral física y psicológicamente “saludable”, capaz de mantener una cultura organizacional positiva, aún ante cambios naturales asociados a los negocios.

La planta UPL de Barranquilla ha sabido encontrar la forma de ir más allá de la prevención de los riesgos laborales y lo ha hecho a partir de una continua búsqueda de bienestar para sus colaboradores, enfocada en la creación de ambientes de trabajo que le permitan usar a cada individuo su potencial y al tiempo logre mantener el equilibrio entre su vida laboral y personal.

Por esta razón la planta de Barranquilla entiende bien que la identificación como una empresa saludable es una realidad que se crea día a día, con la participación de cada colaborador y con una clara visión de su grupo directivo, soportados en sus propios valores y principios y apalancados con aliados estratégicos que comparten esta visión.

Al ser galardonados como la primera empresa a nivel global que recibe el reconocimiento 5Z, le significa a UPL que va por el camino correcto.

De la Teoría a la Acción: Compartiendo la experiencia de una intervención en salud liderada por alumnos de un Instituto de Educación Superior Chileno en su comunidad educativa.

Germán Acevedo Urrea^{1*}

*Corresponding author: gacevedo@duoc.cl

¹Duoc UC

Abstract

El presente trabajo busca compartir la sistematización de una intervención en salud, realizada como hito de cierre de su carrera técnico-profesional un grupo de tres alumnos en un instituto de educación superior chilena, acompañados por una profesional de la salud y un directivo de dicha organización; esta intervención estuvo compuesta por ocho tipos de actividades que los alumnos aprendieron a lo largo de su carrera, teniendo como foco común impactar la salud y promover la actividad física en los miembros de la comunidad educativa de dicha institución.

En total, se impactó a 122 personas, a las que se le realizaron un total de 428 intervenciones con una variación de 8 tipos de actividades, evaluando el nivel de satisfacción con el servicio con una escala Likert con 5 niveles de respuesta en cuatro categorías; evaluación en eficiencia sistema de agendamiento (promedio de satisfacción 4,98), Infraestructura adecuada (promedio de satisfacción 4,84), Relación prestación alumno / expectativas del usuario (promedio de satisfacción 4,98) y Actitud del estudiante (promedio de satisfacción 5,0).

Como conclusión principal, se demuestra que es posible organizar, intencionar y gestionar oportunidades para poner en práctica competencias de los alumnos y beneficiar a los integrantes de las comunidades laborales impactando el bienestar organizacional, utilizando los recursos y capacidades disponibles. Además, se busca potenciar la sistematización de las intervenciones aplicadas en instituciones técnico-profesionales chilenas, teniendo como resultado la demostración práctica de la adquisición de competencias laborales, promover la salud, actividad física y hábitos de vida saludable en la comunidad y a futuro, promover la investigación aplicada como una competencia clave.

Palabras claves:

Salud integral Laboral; promoción de la salud en educación; satisfacción laboral.

Introducción

La salud, entendida desde 1948 según la Organización Mundial de la Salud (OMS) como “un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” es cada vez más relevante en el contexto socio-cultural actual, especialmente en el ámbito laboral donde ha ido adquiriendo relevancia especialmente en Chile, dando origen a la Guía técnica emanada desde el Ministerio del Trabajo (Manejo Manual de Cargas –modificada el año 2018-), al Protocolos (como Factores Psicosociales relacionados al trabajo -año 2013-) y Normas técnicas (como Trastornos Músculo-Esqueléticos relacionados al trabajo –año 2012-) desde el Ministerio de Salud, que pese a estar implementados mantienen indicadores durante el año 2018* un registro de 6911 enfermedades profesionales diagnosticadas, significando un aumento de un 8% respecto al año 2017. Si se desglosa el número, se obtiene que un 43% de estas son del tipo músculo-esquelética y un 36% de salud mental, observándose además según SUSESO (2018)* un aumento en la denuncia de enfermedades de origen mental.

En ese marco adquiere relevancia el rol de las instituciones de educación superior en esta materia y en lo particular, esta experiencia usa como herramientas la promoción de la salud y la actividad física, definida según la OMS (2018) como “cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, con el consiguiente consumo de energía. Ello incluye las actividades realizadas al trabajar, jugar y viajar, las tareas domésticas y las actividades recreativas”, ya que impactaría potencialmente en factores claves como la “mejora el estado muscular y cardiorrespiratorio; mejora la salud ósea y funcional; reduce el riesgo de hipertensión, cardiopatía coronaria, accidente cerebrovascular, diabetes, diferentes tipos de cáncer (como el cáncer de mama y el de colon) y depresión; reduce el riesgo de caídas y de fracturas vertebrales o de cadera; y es fundamental para el equilibrio energético y el control de peso” (OMS 2018).

Un grupo de tres estudiantes, coordinados por el director de carrera y supervisados por un profesional del área de la salud realizó una intervención en un instituto de educación superior chilena compuesta por ocho tipos de actividades con el foco común de impactar la salud y promover la actividad física en los miembros de la comunidad educativa de una institución de educación superior.

En total, se impactaron 122 personas, a las que se le realizaron un total de 428 intervenciones con una variación de 8 tipos de actividades, evaluando el nivel de satisfacción con el servicio con una escala Likert con 5 niveles de respuesta en cuatro categorías; evaluación en eficiencia sistema de agendamiento (promedio de satisfacción 4,98), Infraestructura adecuada (promedio de satisfacción 4,84), Relación prestación alumno / expectativas del usuario (promedio de satisfacción 4,98) y Actitud del estudiante (promedio de satisfacción 5,0).

Para próximas intervenciones, se propone complementar la intervención integrando y cuantificando aspectos claves como el estado de salud pre-post, seguimientos de hábitos relacionados a la salud y la actividad física e relacionar hábitos con las funciones llevadas a cabo por los participantes.

Metodología

1. Tipo de Estudio:

Según Hernández Sampieri (2014), el presente estudio se basa en un enfoque cuantitativo, de tipo exploratorio y no experimental.

2. Universo:

10450 personas pertenecientes a un instituto de educación superior de la Región Metropolitana de Chile.

3. Muestra:

La muestra se compone de 122 integrantes de la comunidad educativa de un instituto de educación superior de la Región Metropolitana de Chile, compuesta por administrativos y docentes.

4. Instrumentos y marco de referencia:

La intervención se lleva a cabo como parte del proceso de internado de los alumnos de una carrera de salud, correspondiente a quinto semestre de la malla de estudios. En dicho proceso son evaluados por un docente especialista, en este caso, kinesióloga con conocimiento y experiencia tanto en el modelo educativo de la institución como en el campo profesional mediante instrumentos generados por la

institución. El proceso se basa en 4 macro-unidades que integran las competencias profesionales adquiridas durante su formación y estas son:

- Terapias complementarias y masoterapia.
- Actividad física, promoción y prevención de la salud.
- Apoyo en terapias para la rehabilitación física.
- Prevención de lesiones y vendajes.

El marco de referencia está integrando en cada una de las 18 asignaturas profesionales que el alumno cursa a lo largo de su carrera, dónde destacan conocimientos relacionados a anatomía y fisiología aplicada, masoterapia, terapias complementarias y técnicas para aplicarlas correctamente. A continuación, se describe teóricamente los tipos de actividades:

1. Educación en actividad física: Consejería realizada a las personas asistentes basada en las "Recomendaciones mundiales sobre la actividad física y la salud" (2010), considerando tiempo y frecuencia. Se complementa con guías técnicas prácticas por parte del alumno basado en los aprendizajes durante su formación.
2. Crioterapia: Según Gutiérrez, H., Lavado, I., y Méndez, S. (2010) "es un tipo de termoterapia superficial que se basa en la aplicación del frío como agente terapéutico. La reducción de la temperatura del organismo tiene como finalidad el alivio del dolor y/o la reducción del edema, a través de la generación de una respuesta tisular, fundamentada en la transferencia térmica de energía calórica que generará diversas respuestas fisiológicas en función del objetivo terapéutico buscado.
3. Educación en prevención de lesiones: Este trabajo entenderá educación en prevención de lesiones cómo el conjunto de medidas preventivas dictadas, por una persona con conocimientos en salud, a un participante con el objetivo de reducir el riesgo de alteraciones músculo-esqueléticas derivadas del deporte, trabajo u otro similar
4. Auriculoterapia: Según el Instituto Nacional del Cáncer (s.f.) se define como "tipo de acupuntura para la que se colocan agujas delgadas en puntos específicos de la oreja con el fin de controlar el dolor y otros síntomas. Se piensa que la oreja contiene un "mapa" de todo el cuerpo y que puntos específicos en este mapa coinciden con determinadas partes del cuerpo. También se llama acupuntura auricular".
5. Vendaje neuromuscular: Según Calero, P. y Cañón, G. (2012) "es una técnica creada en 1979 por el doctor Kenzo Kase, quien buscó proponer una nueva opción terapéutica para controlar el dolor, mejorar el rendimiento deportivo y reducir el impacto de los trastornos musculoesqueléticos".
6. Aplicación de ventosas (ventosaterapia): Según Instituto Nacional del Cáncer (s.f.) es un "procedimiento para el que se calienta un vaso de vidrio redondo que se llama ventosa; esta se coloca boca abajo en una parte del cuerpo a fin de crear una succión que mantiene el vaso adherido a la piel. Las ventosas aumentan el flujo de la sangre. En la medicina tradicional china, también se cree que aumenta el flujo del qi (energía vital)".
7. Termoterapia: Según Arcas y otros (2004), la termoterapia consiste en "la aplicación de calor mediante agentes térmicos. Se consideran agentes térmicos aquellos cuya temperatura es más elevada que la del cuerpo humano, es decir superior a los 34-36°C, aunque normalmente en termoterapia sus temperaturas oscilarán entre los 45 y los 100°C.

8. Masajes: Según Vásquez (2009) es la “acción de suprimir o disminuir la sensibilidad dolorosa por medio de actuaciones manuales sobre la sensibilidad superficial (corpúsculos de Meissner) y la sensibilidad profunda (corpúsculos de Golgi y Pacini)”. En esta intervención se vinculan a finalidades deportivas y descontracturantes.

La intervención se realizó en dos instalaciones, las que se describen a continuación:

- a. Sala de Bienestar: espacio físico habilitado con aire acondicionado y tres boxes individuales con camillas, contando además con silla para masajes y un puesto de trabajo administrativo. La lista de equipos/insumos disponibles fueron:

Tabla 1. Insumos disponibles sala de bienestar

Descripción	Cantidad
Infrarrojo	1
Porta compresas	3
Compresa húmedo caliente	13
Compresa frío-caliente marca Nexcare	5
Máquina hace hielo	1
Parafinoterapia mano	1
Parafinoterapia miembro inferior	1
PRO THERMO (Equipo terapia contraste)	1
Onda corta CURAPULS 670	1
Ultratermia portátil	1
Ultrasonido con mesa transporte BTL	2
Turbión Miembro Superior	2
DRY PRO brazo-mano (sellador al vacío, protector vendajes, etc.)	1
DRY PRO tobillo-pie	1
Camilla masaje marca K20 portátil	3

- b. Gimnasio: Espacio destinado a la preparación física en general, a través del uso equipamiento deportivo (pesos libres, máquinas trotadoras, etc.). Para esta intervención, la finalidad fue la demostración de la ejecución de ejercicios

5. Obtención de datos:

Fuentes de información primaria, a través de toma de datos recopilada por alumnos en su proceso de internado a los usuarios (finalización de ciclo educativo) y recopilación de información del proceso de internado a través de documentos institucionales.

6. Estrategia de Intervención:

Se planificó en base a la asignatura Internado, de 5to semestre, una intervención durante 4 semanas a realizarse en una sala especialmente acondicionada para dicha finalidad, contando con espacios para prestar 8 tipos de servicios en base a la anamnesis realizada, las necesidades que declara el participante y las sugerencias que proponga el alumno de internado, en base a los antecedentes, su formación académica y competencias desarrolladas, siempre con la asesoría de la supervisora, una profesional de la salud titulada.



Figura 1. Instalación Sala de Bienestar



Figura 2. Box Sala de Bienestar



Figura 3. Gimnasio

Cada sesión se agendaba mediante un formulario web generado a través de la plataforma google y se ratificaba vía telefónica; la difusión de la actividad se realizó vía correo electrónico y por redes sociales. La composición estándar de la sesión, con una duración de 60 minutos, era:

Tabla 2. Duración y objetivos en la sesión

Duración En minutos	Actividad	Objetivo
10	Anamnesis	Recopilación de información de salud de la persona
10	Análisis	Revisión y análisis del caso con compañeros o profesional de la salud
30	Intervención	Aplicación de la(s) actividad(es) seleccionada(s)
10	Cierre	Verificación satisfacción, consultas emergentes, llenado encuesta

De forma complementaria, una docente del área de la salud acompañaba el proceso desde la arista técnica, realizando instancias de reflexión diarias en torno al quehacer de los estudiantes desde la perspectiva social y evidentemente, técnica, dando lineamientos para la mejora en futuras intervenciones, siendo una instancia de feedback que impactó los resultados de satisfacción por parte de los usuarios (ver tabla 3). Desde la perspectiva de la gestión, el director de carrera acompañó el proceso, las instancias de reflexión y la mejora continua, como la cuantificación de los datos, con la finalidad de poder sistematizar la experiencia.

Resultados

En esta ocasión, solamente se midió el impacto en la satisfacción al recibir la prestación de servicios por parte de los usuarios, obteniendo una tasa de respuesta del 100% (122 atenciones) y el tipo de atención otorgada a los participantes (428 atenciones totales).

En cuanto a los resultados, la tabla 3 denominada satisfacción con el servicio por parte de usuarios entrega los siguientes resultados:

Tabla 3. Satisfacción con el servicio por parte de usuarios

Tipo Intervención	Promedio	Min	Max	D. Estándar	n
Eficiencia sistema de agendamiento	4,98	4	5	0,16	122
Infraestructura adecuada	4,84	3	5	0,43	122
Relación prestación / expectativas	4,98	4	5	0,13	122
Actitud del estudiante	5,00	5	5	0,00	122

De los anterior se desprende que la satisfacción de los usuarios fue alta, ya que siendo la escala usada para evaluar una escala Likert dónde 1 indicaba “muy deficiente”, 2 “deficiente”, 3 “regular”, 4 “positivo” y el 5 “muy positivo”. Las evaluaciones por parte de los usuarios se acercan en todos los casos a la mayor calificación posible, encontrándose la mayor desviación (0,43) en la infraestructura.

En cuanto al tipo de atención recibida, en total se realizaron 428 intervenciones de salud, las cuales se distribuyeron según el tipo en:

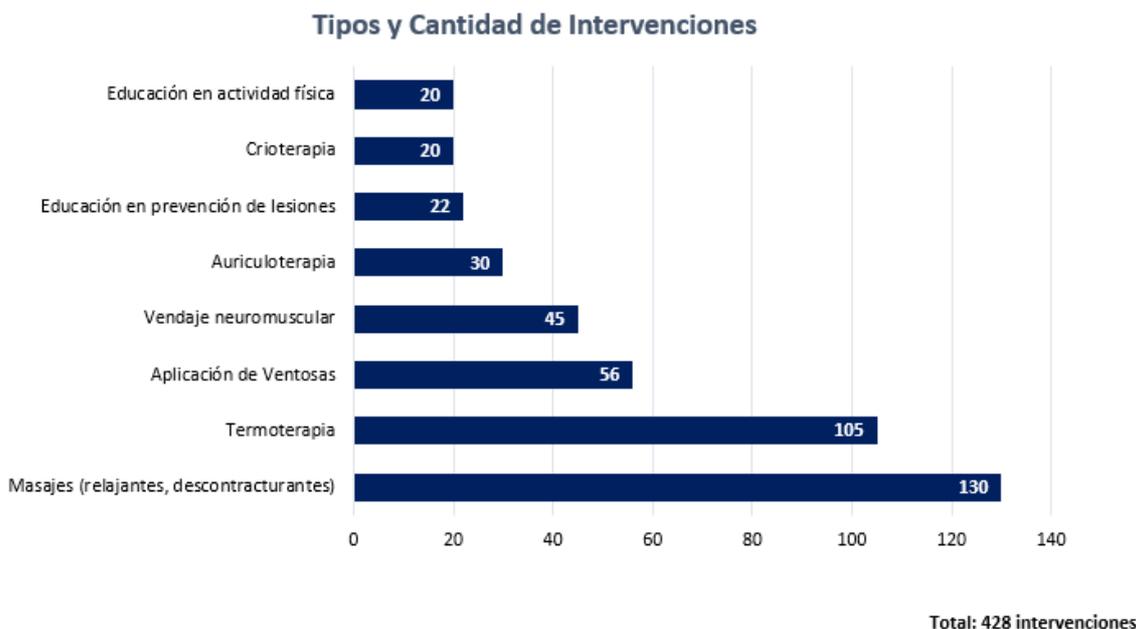


Figura 4: Tipo y Cantidad de Intervenciones.

Durante el proceso destaca la realización de termoterapia (24,53% del total) y masajes (30,73% del total), abarcando el 55,26% de las actividades ejecutadas. Es interesante a futuro visualizar la causa de este tipo de solicitud, que podría estar relacionada al tipo de trabajo realizado mayormente por los participantes (funciones administrativas). Además, se podría profundizar en los segmentos del cuerpo con mayor ejecución de servicios (extremidad superior, extremidad inferior, etc.).

Conclusiones

Este tipo de experiencias y su sistematización permiten integrar la salud y la promoción de la actividad física como una herramienta en el campo ocupacional de la educación superior técnica en Chile, como un aspecto que permita la mejora continua, alineado con los objetivos sociales y culturales vinculados

al bienestar. Además, provoca sinergias entre los aspectos académicos y de gestión, siendo un puente entre estos campos de acción.

Desde la perspectiva formativa, permite que los alumnos visualicen en su campo laboral, desde un espacio protegido y guiado, potenciales necesidades de este tipo de intervenciones y su impacto en la sociedad, desde el sistema educacional al resto las industrias existentes.

Desde la gestión, es posible organizar instancias dónde, usando los recursos disponibles, se puedan ofrecer alternativas a los centros de trabajo para que puedan diseñar e implementar nuevas alternativas de bienestar a su comunidad y en especial, a los colaboradores. Además, se recomienda incorporar la encuesta de servicios como parte de la atención formalmente para futuras intervenciones. Como oportunidades de mejora, al ser esta una experiencia pionera en la institución en cuanto a su sistematización, se propone incorporar sesiones de sensibilización/educación en el uso mediciones de salud como, por ejemplo, escala de BORG que permitan evaluar el impacto en salud percibida con criterios objetivos, más allá de la satisfacción con el servicio recibido, ya que son limitadas cuando se quiere medir el impacto de la salud. Además, se deben revisar y validar las escalas de la encuesta de servicios, con la finalidad de ajustar el tipo de respuesta compiladas.

Agradecimientos

A la escuela de salud de DUOC UC, a los integrantes de la comunidad educativa de la sede Puente Alto de dicha institución y a los alumnos de internado Scarlette Gómez, Víctor Ayala y Renato Mattar, que fueron claves en el proceso liderado por la docente/kinesióloga Sandra Arraño.

Referencias bibliográficas

ACEVEDO, G., PEYRÍN, J., VARGAS, C., & ÁLVAREZ, V. (2019). Gestión participativa de los riesgos psicosociales y músculo esqueléticos de extremidad superior (TMERT-EESS) en una planta procesadora de alimentos de la sexta región, Chile. Proceedings of the XIX International Conference on Occupational Risk Prevention (págs. 651-658). Madrid: Fundación Internacional ORP.

ARCAS, M., & OTROS. (2004). Manual de Fisioterapia: Generalidades. Sevilla: MAD.

CALERO, P., & CAÑÓN, G. (2012). Tos y efectos del vendaje neuromuscular: una revisión bibliográfica. Ciencias de la Salud, 109-120.

GUTIERREZ, H., LAVADO, P., & MENDEZ, S. (2010). Revisión sistemática sobre el efecto analgésico de la crioterapia en el manejo del dolor de origen músculo-esquelético. Revista de la sociedad española del dolor, 242-252.

INSTITUTO NACIONAL DEL CÁNCER. (2020). National cancer institute. Obtenido de [Http://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario](http://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario)

MINISTERIO DE SALUD. (2012). Ministerio de salud de Chile. Norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo músculoesqueléticos relacionados al trabajo. Chile: Gobierno de Chile.

MINISTERIO DE SALUD. (2013). Protocolo de vigilancia de los riesgos psicosociales en el trabajo. Chile: Gobierno de Chile.

MINISTERIO DE SALUD. (2018). Guía Técnica para la Evaluación y Control de Riesgos asociados al manejo o Manipulación Manual de Carga. Chile: Gobierno de Chile.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2010). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44441/1/9789243599977_spa.pdf

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2018). Actividad física. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, P. (2014). Metodología de la investigación (6ta. ed.). Distrito Federal, México: Editorial McGraw Hill.

SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL. (2018). Informe anual de estadísticas de Seguridad y Salud en el trabajo. Santiago: Gobierno de Chile.

VÁSQUEZ, J. (2009). Manual profesional del masaje: guía práctica. Barcelona: Editorial Paidotribo.

Ergonomía

Factores asociados a desórdenes osteomusculares en miembros superiores en entidad sanitaria policial

Wilder Alfonso Hernández^{1*}, Sandra Bibiana Avendaño²; Lyda María Oñate Navarro³; Cristian Adolfo Velásquez Rivera³

*Corresponding author: whernandezd@uniminuto.edu.co

¹Corporación Universitaria Minuto de Dios. Sede UVD

²Dirección de Sanidad Policía Nacional

³Policía Nacional de Colombia

Abstract

En el presente estudio se hace la caracterización de factores de riesgos asociados a desórdenes osteomusculares en miembros superiores en una entidad de sanidad policial ubicada en Bogotá-Colombia. Para esto se diseñó un cuestionario que indagaba sobre la presencia de factores de riesgo que, según la literatura se han asociado con la generación de estas alteraciones. Este fue aplicado, previa firma de consentimiento informado, entre 93 profesionales del área asistencial de Enfermería, Fisioterapia, Bacteriología, Medicina y Odontología, cargos con mayor número de casos reportados. Se destacó que el 83% de la población trabajadora era de sexo femenino, 35,5% no realizan actividad o ejercicio físico. Se reportó una alta frecuencia en la percepción de temperatura no confortable en el lugar de trabajo, reiterado reporte de tareas que exigían agarres con fuerza, movimientos rápidos combinado con agarres, así como posturas forzadas a nivel de la región cervical y articulaciones de codos y muñecas, y movimientos repetitivos en estos segmentos. En cuanto a aspectos organizacionales, la mayoría indicó prolongar la jornada de trabajo con frecuencia. A partir de los hallazgos se plantea la necesidad de desarrollar estudios desde la perspectiva de género y su relación con alteraciones osteomusculares, estudiar la relevancia de una política para el fomento de hábitos de vida saludable, analizar las condiciones termohigrométricas de los puestos de trabajo, profundizar en factores de riesgos propios de la tarea con mayor prevalencia y su relación con los oficios estudiados, así como indagar sobre las causas de la jornada prolongada de trabajo.

Palabras clave

Dolor musculoesquelético, condiciones de trabajo, factores extralaborales, profesionales de la salud, policía

Introducción

Los desórdenes músculo-esqueléticos (DME) son la primera causa de morbilidad de origen laboral. Según la OIT, en los países miembros de la unión europea representaron el 59% de todas las enfermedades profesionales para el año 2005 (Organización Internacional del Trabajo, 2013).

En Colombia, para este mismo periodo, se reportó que las alteraciones osteomusculares significaron el 82% de las enfermedades laborales (Tolosa, 2015).

La etiología de los DME es de origen multifactorial (Gómez, 2015) donde se pueden involucrar factores asociados a las condiciones de trabajo del ambiente, de la tarea y de la organización, sin dejar de lado aspectos individuales que podrían llegar a influir en cierta medida en la presentación clínica de estos desórdenes, así como los factores extralaborales (Hernández y Orjuela, 2016).

Según lo anterior, en las organizaciones, de acuerdo a características de la actividad económica y sus condiciones de trabajo se puede generar una prevalencia de alteraciones osteomusculares a nivel de miembros superiores. Tal es el caso de una entidad sanitaria de régimen especial en Colombia.

A partir de la información recolectada a nivel nacional, en las bases de datos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo de personal uniformado y no uniformado, se encontró que durante el periodo comprendido entre 2016 al 2018, se presentaron 908 incapacidades por enfermedad osteomuscular a nivel de miembros superiores. Para este periodo de tiempo se acumularon un total de 13.126 días entre todas las incapacidades por DME a nivel de esta región corporal.

Para el segundo trimestre de 2019 se documentaron 373 incapacidades por DME de miembro superior, mostrando así un aumento principalmente por diagnósticos como Síndrome de Túnel del Carpo con un 36% seguido de Síndrome de Manguito Rotador 25%, Epicondilitis. 12% y Tenosinovitis de Quervain 10%. La región con mayor número de casos fue Bogotá.

Es importante destacar que, en la institución sanitaria, no se ha realizado una caracterización detallada en relación a los factores de riesgo que, según la literatura se asocian a esta patología. Se cuenta con procedimientos generales de reconocimiento de peligros y riesgos como cumplimiento de requisito solicitados por el sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo.

Es por tal razón que se hizo necesario caracterizar los factores relacionados con los DME de miembros superiores desde el punto de vista de la tarea desempeñada por los trabajadores, así como los factores de riesgo ambientales y organizacionales que pueden llevar a la presentación clínica de las patologías previamente descritas.

Con el presente estudio se pretende determinar lineamientos en cuanto a principales factores de riesgo a considerar para el diseño de planes y programas que orienten a la prevención de alteraciones osteomusculares en miembros superiores para la organización.

Metodología

El presente estudio se planteó desde un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo. Dado que, para la recolección de la información se diseñaron y aplicaron instrumentos estructurados para la caracterización de los factores de riesgos asociados a desordenes osteomusculares a nivel de miembros superiores.

Se aplicó un muestreo no probabilístico a conveniencia y disponibilidad, que corresponde a un total de 120 funcionarios uniformados y no uniformados del área asistencial, en los cargos de enfermería, medicina, fisioterapia, bacteriología, enfermería y odontología de la unidad sanitaria ubicada en Bogotá. En estos cargos, se han reportado el mayor número de casos de DME en miembros superiores.

Para la recolección de información se elaboró un cuestionario cuyo objetivo fue indagar sobre algunos aspectos sociodemográficos, la percepción de factores de riesgo relacionados con la tarea, el ambiente y la organización, además de actividades extralaborales entre la población trabajadora de los cargos descritos. Este fue autodilucidado por parte de la población mencionada a través de la plataforma formularios de Google.

Previa autorización por parte de la jefatura, se divulgó el objetivo del estudio entre la población participante a través del consentimiento informado y se procedió al diligenciamiento del cuestionario. Recolectada la información, se consolidó en una base de datos y se aplicó estadística descriptiva a través del software SPSS para el procesamiento de la información.

Resultados y discusión

Se recolectó información de un total de 93 trabajadores de las áreas en cuestión, 10 sujetos se negaron a participar.

Características demográficas

De las 93 personas encuestadas, el 33% eran del área de enfermería, 18.3 % fisioterapia, 18.3% medicina, 16.1% bacteriología y 14% odontología; de estos el 84% de los participantes fue del sexo femenino y el 17% sexo masculino. El mayor porcentaje, 36.6% de encuestados corresponde al rango de edad de 38-47 años. En lo referente a nivel de escolaridad, el 40.9% ostenta título de especialista o magister, 30.1% pregrado y 29% estudios técnicos.

Tabla 1. Descripción de Variables sociodemográficas de la población trabajadora de la unidad.

variable	Número	porcentaje	
Cargo actual	Enfermero(a)	31	33.3
	Fisioterapeuta	17	18.3
	Bacteriólogo(a)	15	16.1
	Médico(a)	17	18.3
	Odontólogo(a)	13	14
Sexo	Masculino	15	17
	Femenino	78	84
Rango de edad	18-27 años	14	15.1
	28-37 años	26	28
	38-47 años	34	36.6
	Mayor a 48 años	19	20.4
Estado civil	Separado	7	7.5
	Soltero	32	34.4
	Casado	53	57
Nivel de Escolaridad	Viudo	1	1.1
	Técnico	27	29
	Pregrado	28	30.1
antigüedad en el cargo	Especialista/magister	38	40.9
	Menor de 1 año	8	8.6
	1-5 años	29	31.2
	6-10 años	18	19.4
	Más de 10 años	38	40.9

Actividades extralaborales

Los resultados del análisis de las actividades extralaborales se muestran en la tabla 2; para la variable actividad física se encontró que el 35.5% de los encuestados no realiza ejercicio. En lo referente al uso del celular por más de dos horas diariamente predomina un 45.2 % de trabajadores que lo utilizan más de 5 veces a la semana en este intervalo de tiempo.

Tabla 2. Descripción de actividades extralaborales reportadas por la población trabajadora

variable	Número	porcentaje	
Realización de ejercicio o actividad física por más de 30 minutos	No realiza ejercicio	33	35.5
	1-2 veces por semana	37	39.8
	3-4 veces por semana	13	14
	5 o más veces por semana	10	10.8
Uso el celular más de 2 horas diariamente	no lo utiliza	7	7.5
	1-2 veces por semana	19	20.4
	3-4 veces por semana	25	26.9
	5 o más veces por semana	42	45.2
Uso del computador fuera de su trabajo.	No lo utiliza	28	30.1
	1-2 veces por semana	45	48.4
	3-4 veces por semana	8	8.6
	5 o más veces por semana	12	12.9

Factores de riesgo relacionados con el ambiente de trabajo

Los resultados de los factores de riesgo relacionados con el ambiente se muestran en la tabla 3. Se destaca que, la población reportó una percepción de temperaturas no confortables con un 69.3% y ruido excesivo con un 50.5%.

Tabla 3. Percepción de factores de riesgo relacionados con el ambiente de trabajo por parte de la población trabajadora de la unidad sanitaria.

variable	N	Numero	porcentaje
Temperatura no confortable	SI	65	69.9
	NO	28	30.1
Ruido excesivo	SI	46	49.5
	NO	47	50.5
Bajo nivel de iluminación	SI	12	12.9
	NO	81	87.1

Factores de riesgo relacionados con la tarea

Se indagó sobre los diferentes factores de riesgo relacionados con las condiciones de la tarea. En la tabla 4 se destacan los de mayor frecuencia. Se encontró que el 57 % de la población encuestada indicó que en sus tareas requieren la aplicación de agarres con requerimiento de fuerza, un 51.6% reportó posturas forzadas en flexión de la articulación de la muñeca; en lo referente a movimientos repetitivos en codos y muñecas los trabajadores reportaron un 54.8 y 88.2 % respectivamente. Finalmente se reportaron movimientos repetitivos con posturas forzadas en hombro 38.7%, codo 37.6% y muñecas 50.5%.

Tabla 4. Descripción de factores de riesgo relacionados con la tarea indicados por la población trabajadora de la unidad sanitaria.

Variable		Numero	porcentaje
Postura antigravitatoria de miembros superiores	NO	23	24.7
	SI	70	75.3
Pronosupinación extrema del antebrazo	NO	38	40.9
	SI	55	59.1
Agarres con fuerza	NO	40	43
	SI	53	57
Posturas forzadas en flexión cervical	NO	50	53.8
	SI	43	46.2
Postura en flexión forzada de la muñeca	NO	45	48.4
	SI	48	51.6
Movimientos repetitivos en codos	NO	42	45.2
	SI	51	54.8
Movimientos repetitivos en manos	NO	11	11.8
	SI	82	88.2
Movimientos de miembros superiores en combinación de fuerza	NO	36	38.7
	SI	57	61.3
Movimientos repetitivos y posturas forzadas en hombros	NO	57	61.3
	SI	36	38.7
Movimientos repetitivos y posturas forzadas en codos	NO	58	62.4
	SI	35	37.6
Movimientos repetitivos y posturas forzadas en muñecas	NO	46	49.5
	SI	47	50.5

Factores de riesgo relacionados con la organización de trabajo

De los resultados de los factores de riesgo relacionados con la organización de trabajo (ver tabla 5) se destaca que el 80.6 % de la población encuestada indica presentar un volumen de trabajo que le exige trabajar en tiempo adicional y un 63.4% que no puede tomar pausas.

Tabla 5. Descripción de factores de riesgo relacionados con la organización reportados por la población trabajadora de la unidad sanitaria.

Variable		Numero	porcentaje
El volumen de trabajo requiere trabajar en tiempo adicional	NO	18	19.4
	SI	75	80.6
El ritmo de trabajo permite tomar pausas	NO	59	63.4
	SI	34	36.6
autonomía en la toma de decisiones	NO	24	25.8
	SI	69	74.2
relaciones de compañerismo	NO	7	7.5
	SI	86	92.5

Características sociodemográficas

En concordancia con lo referenciado en distintos estudios en la caracterización sociodemográfica llama la atención que la mayoría de población es del sexo femenino; si se toma en consideración que los cargos en estudio son desempeñados principalmente por mujeres. Ordoñez et al (2016) demostraron que factores de riesgo individuales como son el sexo femenino y la obesidad pueden modificar la

prevalencia de estos desordenes y aunque los DME afectan tanto a hombres como mujeres, diferencias biológicas, mentales y sociológicas de este grupo poblacional podrían favorecer un mayor riesgo de enfermar especialmente del cuello y los miembros superiores.

Factores asociados con actividades extralaborales

En relación a este componente, se destaca en el estudio que más del 75% de los funcionarios son sedentarios. Álvarez et al (2019) encontraron una asociación estadística del sedentarismo con síntomas musculoesqueléticos en miembros superiores de odontólogos ($p=0.016$), afirmando además que el sedentarismo afecta estructuras del aparato locomotor, haciéndolos más vulnerables y susceptibles a lesionarse.

Factores de riesgo relacionados con el trabajo

Sobre las condiciones de trabajo, en relación con el ambiente de trabajo, la variable que mostró una mayor frecuencia fue la percepción de temperaturas no confortables (frio extremo). Al respecto, si bien hay baja evidencia sobre la su asociación, hay estudios que demuestran este vínculo al empeorar la sintomatología reportada por la población trabajadora expuesta a este factor de riesgo (Quiroz et al, 2014).

En lo referente a los factores presentes en la tarea, se evidenció en una considerable proporción la necesidad de realizar agarres con requerimientos de fuerza, la combinación de estos con movimientos de miembros superiores. Al respecto, se han reportado estudios que encuentran una relación estadísticamente significativa entre las características de las tareas ejercidas por profesionales de áreas como Enfermería, Fisioterapia y Odontología y el riesgo de presentar DOM a nivel de miembros superiores, planteando la necesidad de revisar el diseño de los elementos del entorno del trabajo (Montalvo et al, 2015), (Gianikellis et al, 2014).

Adicionalmente, se encontró una importante frecuencia de reportes sobre posturas forzadas a nivel de la región cervical y en las articulaciones de las muñecas. Al respecto, la literatura ha indicado una alta prevalencia de sintomatología osteomuscular en estos segmentos corporales en cargos como auxiliares de enfermería, odontólogos, bacteriólogos y médicos (Linero et al, 2012). En odontólogos, se ha encontrado evidencia que la sintomatología puede estar asociada a factores ocupacionales como actividades repetitivas y un componente de carga muscular estática por posturas forzadas (Acevedo et al, 2017).

También se reportaron con mayor frecuencia factores asociados a movimiento repetitivos. En la literatura, se describe una importante asociación entre este aspecto y la generación de alteraciones osteomusculares en miembros superiores (Mevic, 2015).

Por último, en cuanto a factores organizacionales, el estudio reportó que una considerable proporción de la población encuestada indicó que requieren trabajar tiempo adicional. Aspecto que permite reflexionar sobre la posibilidad de prolongar el tiempo de exposición a los factores de riesgos descritos previamente, asociado al control sobre el trabajo (Behrani & Nizam, 2017).

Conclusiones

Según los hallazgos encontrados, se evidenció que la mayoría de la población participante en el estudio fueron mujeres, que, según la literatura, han encontrado relación con la generación de DOM a nivel de miembros superiores, por oficios donde se concentra la mano de obra, características de las tareas realizadas, así como aspectos biológicos, entre otros. Aspecto que se recomendaría continuar indagando desde una perspectiva de género.

Por otra parte, se destaca que una importante proporción de la población participante indicó que no realiza actividad física, elemento que, según la literatura facilita la generación de DOM a nivel de miembros superiores. Por lo cual, es importante ampliar y profundizar con estudios complementarios, así como revisar la necesidad de definir una política para el fomento de hábitos de vida saludable en la institución sanitaria.

En cuanto a las condiciones de trabajo reportadas por la población trabajadora, se destaca una alta frecuencia en la percepción de temperaturas no confortables en el lugar de trabajo. Ante esto, es necesario ahondar en el análisis de las condiciones termohigrométricas de los puestos de trabajo.

En cuanto a factores propios de la tarea, se encontró una alta frecuencia en el reporte de actividades que requieren agarres con fuerza, movimientos rápidos combinados con agarres, posturas forzadas a nivel de segmentos como el cuello, codos y muñecas, que según la literatura son frecuentemente reportados en oficios como Enfermería, Fisioterapia, Odontología y han encontrado relación con la generación de DOM a nivel de miembros superiores. Es importante profundizar en la relación de estos factores con cada uno de los oficios descritos.

Finalmente, en cuanto a los aspectos organizacionales reportados con mayor frecuencia por la población trabajadora, es importante analizar el impacto de las jornadas prolongadas sobre los DOM y las posibles causas que están generando esta situación.

Bibliografía

Acevedo et al, C. E. (2017). LOS FACTORES DE RIESGO BIOMECÁNICO Y LOS DESÓRDENES. Obtenido de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1708/Clara20Acevedo%20Vallejo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Alvarez et al, D. M. (2019). Prevalencia de dolor musculoesquelético y factores asociados en odontólogos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Acta Odontológica Colombiana, 24-36.

Behrani, P., & Nizam, A. S. (2017). Association between psychosocial factors at work and prevalence of upper musculoskeletal systems disorders: A pilot study. Global Business and Management Research: An International Journal, 199-211.

Gómez, M. M. (2015). Modelos teóricos de la causalidad de los trastornos musculoesqueléticos. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. IV, núm. 14, junio, 85-102.

Gianikellis et al, k. (2014). Musculoskeletal problems in physiotherapists. Revista de fisioterapia , 117-126.

Hernandez, W. A. Orjueal M.E. (2016). Factores laborales y extralaborales de floricultores con síndrome de tunel del carpo. Cundinamarca-Colombia 2013. Medicina y Seguridad en el Trabajo, 199-211.

Linero et al, e. (2012). Prevalencia de síntomas osteomusculares del personal de salud de dos IPS en Bogotá D.C. Trabajo de grado. Universidad del Rosario.

Mevic, G. m. (2015). Factores de riesgo para tenosinovitis de miembro superior. Revista de medicina y seguridad en el trabajo, 486-503.

Ministerio de Protección social. (2006). Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Desórdenes Musculoesqueléticos (DME) relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores . 1-136.

Montalvo et al, A. A. (2015). Riesgo ergonómico asociado a sintomatología musculoesquelética en personal de enfermería. Revista hacia la promoción de la salud , 132-146.

Ordoñez, C., & Gómez, E. (2016). Desórdenes músculo esqueléticos relacionados con el trabajo. Revista Colombiana de Salud ocupacional, 27-32.

Organización Internacional del Trabajo. (2013). La prevención de las enfermedades profesionales. OIT.

Quiroz et al, I. E. (2014). Relación Entre La Exposición A Bajas Temperaturas Y El Desorden Musculoesquelético De La Población Trabajadora En Una Empresa Del Sector Alimentos Del Departamento De Antioquia, 2013-2014. Revista Ingeniería Industrial UPB, 24-30.

Tolosa, I. (2015). Riesgos biomecánicos asociados al desorden musculoesquelético en pacientes del régimen contributivo que consultan a un centro ambulatorio en Madrid, Cundinamarca-Colombia. Redalyc revista Ciencias de la Salud, 28-33.

Agradecimientos

El producto presentado hace parte de las actividades realizadas al interior del semillero Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo para la Policía Nacional – EGRL, de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede UVD.

Psicosociología

Factores psicosociales: estrés, fatiga y burnout, su impacto en el rendimiento escolar. Caso de estudio

María Guadalupe Obregón^{1*}

*Corresponding author: mobregon571101@gmail.com

¹Instituto Politécnico Nacional

Abstract

Ergonomic and psychosocial factors are often related to the work field, and this is quite true. These are areas that must be addressed so as to improve the working and psychosocial conditions of people in the world of work, but we often forget about those who do not work.

This includes those who study a university degree or a postgraduate degree. It is to be taken into consideration that they, in the same way as people in the work field do, get stressed, fatigued and sometimes they are on the verge of collapse due to heavy workloads, with the only difference that this happens in the academic field interpolating what happens in the workplace and taking into the student field.

There are factors that will determine the performance, productivity and final efficiency of students, so we have taken on the task of carrying out this study to find out the variety of factors that impact students causing stress, fatigue or burnout, which are some of the psychosocial factors.

Among the many factors that can possibly impact students, we can find lighting, temperature, desks, the crowding of 50, 60 or of up to 70 students in some groups, temperature, noise, family issues, economic problems, personal problems, the complication of getting to school including distance and means of transportation, the difficulty of taking in some learning units, not having breakfast at home, sleep debt, among many others.

Psychosocial aspects can cause illnesses in people without being aware that what they feel is due to stress or fatigue derived from the work and academic load.

Palabras clave

Stress, fatigue, burnout, ergonomic factors and psychosocial factors

Introducción

México es uno de los países con mayores niveles de estrés en el mundo debido a que en él se encuentran los principales factores que provocan dicha enfermedad tales como pobreza y cambios constantes en la situación laboral y social. (Cedillo, 2010). Por otro lado, estudios realizados en el año 2006 en jóvenes universitarios de San Luis Potosí indican que, a nivel estatal, el 80 por ciento de las enfermedades en los jóvenes están asociadas con el estrés. En este sentido, se ha observado que el estrés presenta respuestas de afrontamiento de acción suicida y en el mejor de los casos el estudiante presenta estados de ansiedad, consumo de tabaco, cafeína o fármacos, alteraciones del sueño y en la ingesta de alimentos.

El estrés es la respuesta del cuerpo a condiciones externas que perturban el equilibrio emocional de la persona y por ende su rendimiento físico y académico. El estrés va generándose con el paso del tiempo, debido a las distintas tensiones que experimentan los individuos y a las que se ven enfrentados

diariamente, por ello todos nos encontramos expuestos constantemente a nuevos escenarios y ambientes.

Otro factor que incide en el desempeño de las personas es la fatiga, cuando se han sometido a varios días de trabajo arduo, muchas veces, comiendo frituras y tomando bastante café, o abusando de bebidas energéticas o estimulantes, llega el momento en que el sistema nervioso central hace su trabajo debido a los excesos y provoca fatiga mental y física que se manifiesta con errores, con baja productividad y alteraciones físicas y mentales.

Las instituciones de educación superior suelen ser lugares altamente estresantes; en dichas instituciones los alumnos se enfrentan de manera cotidiana a una serie de demandas que bajo su propia valoración se constituyen en situaciones generadoras de estrés, estas situaciones cuando son prolongadas y frecuentes pueden conducir al deterioro del estudiante.

En relación con otros tipos de estudiantes, en el universitario estas situaciones se pueden incrementar pues los programas de estudios de la mayoría de las carreras están considerablemente cargados en volumen de contenido, horas clase, mucho tiempo de auto estudio y realización de trabajos independientes además del proceso de creación de conocimiento y retroalimentación importante que ocurre en este nivel de enseñanza. Todo esto puede combinarse con los problemas personales, propios de cada estudiante.

Entre las poblaciones identificadas como de riesgo para el desarrollo del estrés se puede encontrar la universidad. Argumentan que el entorno competitivo entre estudiantes, maestros y supervisores conduce a conflictos que pueden conducir al estrés emocional y agotamiento. Otro problema señalado es la falta de tiempo para el ocio, la familia, amigos y necesidades personales, así como preocupaciones sobre el futuro profesional. La aparición de éste puede seriamente limitar tanto el bienestar psicosocial y el rendimiento académico de los estudiantes. (Ricardo, Y. R., & Paneque, F. R. R. 2014).

El conjunto de actividades que se realizan en la universidad, indispensables para superar los retos académicos, son importante fuente de estrés y ansiedad. Para comprender el estrés académico es necesario tener en cuenta las condiciones sociales, económicas, familiares, culturales e institucionales. En general, la vulnerabilidad de una persona al estrés está influenciada por su temperamento, capacidades para el afrontamiento y el apoyo social. El estrés de origen académico tiene, como otros tipos de estrés, manifestaciones físicas individuales: incremento del pulso, palpitaciones cardíacas, aumento en la transpiración y en la tensión muscular de brazos y piernas, respiración entrecortada y roce de dientes, trastornos del sueño, fatiga crónica, cefalea y problemas de digestión. Las respuestas conductuales frecuentes son: deterioro del desempeño, tendencia a polemizar, aislamiento, desgano, tabaquismo, consumo de alcohol u otros, ausentismo, propensión a los accidentes, ademanes nerviosos, aumento o reducción del apetito e incremento o disminución del sueño. En cuanto a las respuestas psicológicas destacan: inquietud, depresión, ansiedad, perturbación, incapacidad para concentrarse, irritabilidad, pérdida de confianza en sí mismo, preocupación, dificultad para tomar decisiones, pensamientos recurrentes y destructibilidad (Suárez-Montes, Nancy, 2015).

La Asociación Americana de Psicología menciona que el 39% de las personas entre 18 y 33 años se han declarado personas que sufren estrés, así mismo se menciona que los jóvenes que experimentan estrés son más propensos a presentar cuadros de irritabilidad. (Edna Idalia Paulina, N. O., Gherardi-Edilaine Cristina, d. D., Javier, a. B., & Francisco Rafael, G. F., 2018).

Para una institución educativa es importante conocer los niveles de estrés académico en sus estudiantes, ya que el estrés se ha asociado a la depresión (Rich y Scovel, 1987), enfermedades crónicas (Cohen, Tyrell y Smith, 1993), enfermedades cardíacas (Lowe, Urquhart, Greenman y Lowe,

2000) y fallas en el sistema inmune (Vedhara y Nott, 1996), y complementariamente al fracaso escolar (McDonald, 2001) y a un desempeño académico pobre (Zeidner, 1998).

La infinidad de aspectos que afectan el desempeño académico de los estudiantes que ingresan a una institución de nivel superior, probablemente incluyen no sólo influencias externas como entorno familiar, amistades, características socio-demográficas, entre otros, sino que también juega papel fundamental la salud mental, comprendiendo dentro de ella alteraciones psicológicas, vocación, crisis de identidad, baja autoestima, así como también el género de la persona, sus expectativas de realización personal, la aptitud o la motivación, a más de otros factores que son el resultado de la fusión de todos los anteriores o algunos de ellos, como son el estrés y las emociones, entre ellas ansiedad (Bermúdez et al, 2006)

En este sentido, el bienestar académico hace referencia a un proceso insidioso caracterizado por el sentimiento de agotamiento emocional a causa de las demandas del estudio, derivando esto en una actitud cínica y poco comprometida con las actividades académicas que debe realizar (cinismo), lo que repercute en el sentido de autoeficacia académica del estudiante (ineficacia académica) (Domínguez et al, 2017).

Diversos planteamientos concuerdan en que el punto central del síndrome de burnout y del bienestar académico en particular, es el agotamiento emocional, cuyo aumento progresivo provoca el distanciamiento emocional y cognitivo hacia la actividad realizada en este caso los estudios, por lo cual su abordaje y detección temprana es fundamental. Incluso algunos planteamientos conciben al síndrome de burnout como un constructo unidimensional (agotamiento), que puede ser físico, emocional y mental, y se presenta a partir de cualquier situación estresante crónica y duradera. Sin embargo, es necesario mencionar que, si bien el agotamiento emocional es la cualidad central del síndrome de burnout, y la más clara manifestación de este complejo síndrome, por sí sola no es suficiente para explicar el fenómeno. Las investigaciones han establecido la secuencia progresiva de agotamiento hacia cinismo, pero no la de ineficacia, y apoya el concepto de que el síndrome de burnout es una respuesta al estrés laboral crónico, por lo que, en consecuencia, en el ámbito académico respondería a un estrés académico crónico.

Entonces, según lo presentado, el estudio del agotamiento emocional es un tema relevante en la actualidad debido a sus repercusiones en la salud física y emocional del estudiante, así como a su impacto en el rendimiento académico, ya que los cambios curriculares que apuntan a la acreditación de las instituciones de educación superior exigen al alumno un mayor tiempo y dedicación a las labores académicas. De este modo, el agotamiento emocional se desarrollaría de forma insidiosa debido a una disminución de los recursos emocionales originada por la carga académica, así como de inhibición emocional. En consecuencia, el estudiante puede presentar sentimientos de soledad, impotencia y apatía, entre otros, lo que podría ocasionar no solo alteraciones en la parte académica, sino también a nivel personal y vocacional, afectando la motivación y la percepción de sus habilidades y capacidades para el desempeño de su futura profesión y llevando posteriormente a la deserción.

El burnout académico hace referencia al sentimiento de agotamiento emocional experimentado por la persona a causa de las demandas académicas, derivando posteriormente en una actitud cínica y poco comprometida con sus labores estudiantiles, además de creencias de poca capacidad en las actividades que realiza.

En estudiantes universitarios, el agotamiento emocional se relaciona directamente con dificultades para regular las emociones (Domínguez, 2018).

Se puede afirmar que cuanto mayor es el estrés percibido en conciliar el estudio con otros ámbitos de la vida personal, mayor será el nivel de agotamiento del sujeto. (Carlotto, Cámara, Brazil, 2005)

En relación con la dimensión de agotamiento, se observó que ser más joven, estar trabajando, percibir como estresante la conciliación de la actividad laboral con el curso, del estudio con el ocio, la realización de exámenes y trabajos de clase y tener expectativas de dificultad en el posterior ingreso en el mercado de trabajo son factores generadores del desgaste emocional. (Carlotto, Cámara, Brazil, 2005)

Diferentes estudios reportan en universitarios que el agotamiento emocional y el cinismo hacia el trabajo académico aumentan a medida que avanza el semestre (Marenco, Suárez Colorado, Palacio, 2015)

Si bien es cierto que los estudiantes universitarios no son trabajadores en un sentido formal, contractualmente hablando y sin retribución salarial por su labor, desde un punto de vista psicológico y social, muchas de las actividades que realizan son comparables a las que lleva a cabo un trabajador. Como cualquier empleado, forman parte de una organización donde desempeñan un determinado rol, realizan tareas que requieren un esfuerzo, tienen unos objetivos que cumplir, y su rendimiento es constantemente evaluado y recompensado por sus profesores quienes ejercen una función análoga a la de un supervisor en el ámbito laboral.

Por otra parte, con su “trabajo” el estudiante produce aprendizajes o desarrolla competencias de relevancia no solo personal, sino social, por su valor más o menos diferido de generar bienes, productos o servicios para la sociedad. Aunque el estudiante no recibe una compensación salarial por aprobar sus exámenes, escribir excelentes trabajos u obtener buenas notas, sin embargo, su rendimiento académico, eventualmente, es recompensado o incentivado económicamente con el acceso a una beca de estudios o de investigación, lo cual puede equipararse a una promoción laboral, en el sentido que hay un aumento del estatus del estudiante o una ampliación de las tareas, funciones y responsabilidades dentro de la comunidad universitaria, y, en ocasiones, hasta el logro de una retribución económica por ello. En todo caso, los estudiantes reciben una compensación no económica por su desempeño académico, en concepto de educación y, o formación, títulos académicos y aprendizaje de competencias para su desarrollo profesional.

Al igual que los trabajadores formales, los estudiantes universitarios pueden llegar a encontrarse en condiciones de padecer riesgos y daños psicosociales ante estresores y demandas concurrentes, excesivas o inapropiadas, crónicamente irresueltas o de forma inadecuada, dependientes de los contextos organizacionales universitarios del trabajo académico de los estudiantes y ante recursos psicológicos personales no favorables, a lo cual puede dar respuestas no adaptativas y perniciosas como el llamado síndrome de quemarse por los estudios (burnout académico) (Salanova, Martínez, Bresó, Llorens & Grau, 2005), con sus consecuencias negativas para su salud psicosocial o bienestar psicológico (Bresó, 2008), para su rol y desempeño académico (Caballero, 2012), deteriorando su satisfacción con los estudios (Caballero, Abello & Palacio, 2007) y, eventualmente, desertando de los mismos (Salanova, et ál., 2005).

En el contexto académico, el burnout en los estudiantes (burnout académico) ha sido una variable utilizada para operacionalizar el bienestar psicológico relacionado con los estudios (Bresó, 2008); y se entiende como una consecuencia y respuesta al estrés crónico vinculado al rol, la actividad y el contexto académico, de carácter maligno, insidioso y que puede afectar el desarrollo, el compromiso y la satisfacción de los estudiantes con su formación y vida académica, además de su salud psicosocial (Caballero, 2012).

El burnout académico es un síndrome emocional tridimensional compuesto por las mismas tres dimensiones que sus homólogos antecesores (agotamiento, cinismo e ineficacia). Se define como una respuesta emocional negativa, persistente, relacionada con los estudios, formada por una sensación de encontrarse exhausto, de no poder más en las tareas como estudiante (agotamiento); una actitud

cínica o de distanciamiento con el significado y la utilidad de los estudios que se están realizando (cinismo); y un sentimiento de incompetencia académica como estudiante (ineficacia) (Shaufeli, Salanova, et ál., 2002).

El propósito de esta investigación fue identificar y dar a conocer las principales causas que originan estrés, fatiga y burnout, sus consecuencias a nivel físico, emocional y psicológico en los estudiantes de varias licenciaturas, de una de las unidades profesionales del Instituto Politécnico Nacional.

Metodología

Se solicitó información de las licenciaturas que se imparten en la Unidad Profesional de Ingeniería ciencias sociales y administrativas, (UPIICSA), del Instituto Politécnico Nacional. Mostrando los datos siguientes. (Fuente: Upiicsa, 2019).

El universo lo constituyen 11, 082 alumnos los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

Carrera Ingeniería Industrial	3,625 alumnos
Carrera en Sistemas Automotrices	150 alumnos
Ingeniería en Informática	1,593 alumnos
Carrera en Administración Industrial	2,836 alumnos
Carrera en Ingeniería en Transporte	1,451 alumnos

TOTAL 11,082 alumnos

Se llevó a cabo el pilotaje de 68 cuestionarios para conocer su confiabilidad, encontrando un Alpha de Cronbach de 0.886, por tanto, es bastante confiable aplicar el cuestionario.

Determinación de la aplicación del cuestionario, se llevó a cabo por medio de muestra obteniendo lo siguiente para su aplicación.

1.- Carrera de Ingeniería Industrial	177 Cuestionarios
2.- Carrera en Sistemas automotrices	54 Cuestionarios
3.- Carrera en Ingeniería en Informática	158 Cuestionarios
4.- Carrera en Administración Industrial	172 Cuestionarios
5.- Carrera en Ingeniería en Transporte	153 Cuestionarios
6.- Carrera en Ciencias de la Informática	155 Cuestionarios

TOTAL 869 Cuestionarios

En la presente investigación se llevó a cabo la revisión de varios cuestionarios que ya se aplicaron en investigaciones en otros países, analizando cada uno de los ítems para adaptarlo y diseñar uno nuevo que fue el que se aplicó a los estudiantes de varias carreras a nivel profesional, en México.

Uno de los cuestionarios que se han utilizado a nivel mundial es el Cuestionario de Maslach Burnout Inventory, consta de preguntas que muy bien se pueden aplicar a nuestro país, para conocer el estrés, la fatiga y el burnout en los estudiantes mexicanos de un plantel educativo del Instituto Politécnico Nacional.

El cuestionario se complementó con preguntas concretas respecto a factores físicos como la iluminación, la ventilación, el ruido, la temperatura y el ambiente social en su salón de clase o bien en todos aquellos espacios que el estudiante frecuente.

Resultados y discusión

1. Respecto a la pregunta i2, el 82.2% corresponde a 715 alumnos de una muestra de 869, comentaron que la mala iluminación que tienen en su espacio académico les produce fatiga visual.
2. Respecto a la pregunta i3, el 91% corresponde a 789 alumnos de una muestra de 869, comentaron que la iluminación que tienen en su área académica les produce estrés.
3. Respecto a la pregunta i4, el 60% corresponde a 518 alumnos de una muestra de 869, consideran que psicológicamente les impacta una buena iluminación en su área académica.
4. Respecto a la pregunta i5, el 79% corresponde a 685 alumnos de una muestra de 869, considera que una mala iluminación en su área académica impacta sus relaciones interpersonales.
5. Respecto a la pregunta r2, el 87% corresponde a 758 alumnos de una muestra de 869, consideran que el ruido les molesta e impacta en su productividad académica.
6. Respecto a la pregunta r3, el 64% corresponde a 554 alumnos de una muestra de 869, contestaron que el ruido en su área académica le produce estrés.
7. Respecto a la pregunta v4, el 88.5% corresponde a 769 alumnos de una muestra de 869, consideran que la ventilación en su área académica impacta su productividad académica.
8. Respecto a la pregunta v5, el 65% corresponde a 568 alumnos de una muestra de 869, consideran que psicológicamente les afecta no tener una adecuada ventilación en su área académica.
9. Respecto a la pregunta t4, el 62.3% corresponde a 541 alumnos de una muestra de 869, considera que la temperatura en su área académica, le produce fatiga.

Analizando los resultados podemos comentar que la mayoría de los estudiantes si se estresan, se fatigan y están bastante agobiados por su carga académica y sus estudios, pero no se encontró una relación directa con el rendimiento escolar, dado que consideramos faltaron algunos datos para determinar su interrelación de manera directa, se considera continuar con el estudio para determinar de manera más precisa su impacto.

Respecto al análisis de los diferentes cuestionarios nos dimos cuenta de que en la mayoría de los casos son muy similares, tanto los que se han aplicado en España, en Colombia, México, Chile y Argentina, y se pudo estructurar uno que reuniera todos los elementos para obtener los mejores resultados incorporando algunas preguntas que marca la NOM-035-STPS-2018

Conclusiones

En las preguntas de mayor prevalencia nos damos cuenta de que los alumnos si tienen un impacto respecto a iluminación ruido, temperatura y ventilación, y algunos aspectos psicosociales. Por lo tanto, se recomienda a la escuela revisar estos factores, dado que las aulas cuentan con pocas ventanas, no cuentan con climatización, los alumnos pasan por los pasillos en donde están los salones haciendo ruido e incomodan a los que están tomando clase.

Respecto al estrés, la fatiga y burnout, se presenta en la mayoría de los alumnos debido a la carga excesiva de asignaturas que llevan durante el semestre. Es también de considerar que los alumnos van a clases por la mañana y por la tarde, cuando se traslapan sus asignaturas y no pueden hacer otra cosa que cursarla en el turno que esté disponible la asignatura.

Cabe mencionar que algunos alumnos recorren kilómetros de su casa a la escuela y de la escuela a su casa, y eso les causa estrés, o fatiga, por lo que se toma en consideración ese factor, pero no se puede hacer nada al respecto dado que la escuela no cuenta con alojamiento.

Bibliografía

Benavides FG. (2006). Ill health, social protection labour relations, and sickness absence. *Occup Environ Med*, 63(4), 228–229.

Butani, S. J. (1988). Relative Risk Analysis of Injuries in Coal Mining by Age and Experience at Present Company, 10, 209–216.

Butlewski, M., Dahlke, G., Drzewiecka, M., & Pacholski, L. (2015). Fatigue of miners as a key factor in the work safety system. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 4732–4739. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.570>

Escanciano, C., Fernández, B., Suárez, A. (2010). Organización de la actividad preventiva y gestión de la seguridad y salud laboral en la minería española: experiencia de las empresas certificadas ISO9001. *Dirección y Organización*, 40, 86–98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2010.01.002>

Fabiano B, Curro F, P. R. (2004). A study of the relationship between occupational injuries and firm size and type in the Italian industry. *Safety Science*, 42, 587– 600.

Groves, W. a., Kecojevic, V. J., & Komljenovic, D. (2007). Analysis of fatalities and injuries involving mining equipment. *Journal of Safety Research*, 38(4), 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.03.011>

Mahdevari, S., Shahriar, K., & Esfahanipour, A. (2014). Human health and safety risks management in underground coal mines using fuzzy TOPSIS. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.076>

Nakua, E. K., Owusu-dabo, E., Newton, S., Otopiri, E., Donkor, P., Mock, C., ... Newton, S. (2019). Occupational injury burden among gold miners in Ghana. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 0(0), 1–7. <https://doi.org/10.1080/17457300.2018.1515232>

Narocki C. (1997). La prevención de riesgos laborales en las pequeñas y medianas empresas españolas. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 10, 157–181.

Nasarwanji, M. F., & Sun, K. (2019). Burden associated with nonfatal slip and fall injuries in the surface

stone , sand , and gravel mining industry. *Safety Science*, 120(August), 625–635. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.007>

Pas, A. (2017). Risk assessment of occupational groups working in open pit mining : Analytic Hierarchy Process, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2017.07.001>

Patterson, J. M., & Shappell, S. A. (2010). Operator error and system deficiencies: Analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. *Accident Analysis and Prevention*. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.018>

Sanmiquel, L., Freijo, M., Edo, J., & Rossell, J. M. (2010). Analysis of work related accidents in the Spanish mining sector from 1982-2006. *Journal of Safety Research*, 41(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.09.008>

Yin, W., Fu, G., Yang, C., Jiang, Z., Zhu, K., & Gao, Y. (2017). Fatal gas explosion accidents on Chinese coal mines and the characteristics of unsafe behaviors : 2000 – 2014. *Safety Science*, 92, 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.09.018>

Agradecimientos

Al Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social y al Instituto Nacional de Estadística por la información facilitada on line.

Calidad y Medio Ambiente

Reducción de la contaminación auditiva y el ruido en un edificio de departamentos a través del centro del sistema eléctrico

María Elena Díaz Hernández^{1*}, Juan Daniel Vera Olivares¹; Manuel Antonio Rosas Granados¹

*Corresponding author: mediazh1@hotmail.com

¹Instituto Politécnico Nacional

Abstract

Se propone una solución al problema de la contaminación auditiva y el ruido generados innecesariamente, enfocándose al ruido producido dentro de un edificio de departamentos, ya que este altera el orden y en ocasiones es bastante molesto para las demás personas que habitan el edificio.

Dicha propuesta de solución se plantea para edificios ubicados en la Ciudad de México y su zona metropolitana, y consiste en que una vez rebasado cierto nivel de ruido permitido para el horario y la zona; se procederá a realizarse un corte en el suministro de energía eléctrica para de esta forma “controlar” la fuente emisora de ruido, esta interrupción en el suministro de energía será por un periodo de tiempo que el arrendatario proponga y que se estipule en las cláusulas del contrato de arrendamiento.

Este sistema, está diseñado para funcionar las veinticuatro horas del día y los siete días de la semana, utilizando una placa de control Arduino y un sensor sonoro, entre otros materiales que se describen al interior de este documento.

Primeramente, fue necesario establecer de manera clara cuál sería planteamiento del problema para seguidamente, basándose en este, se determinarán los objetivos tanto generales como específicos. Más adelante gracias a eso fue posible el desarrollo de la hipótesis y la justificación del trabajo.

Posteriormente, para efectos prácticos se elaboró un marco teórico donde se describen algunos de los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta para el desarrollo de este sistema, al mismo tiempo se dan algunos conceptos para tener un mejor entendimiento de este escrito y que sea de fácil comprensión.

Después, como en todo buen trabajo de investigación, se encuentran los antecedentes donde se da una breve descripción de la historia de la contaminación desde su más pura descripción, hasta llegar a los distintos tipos de contaminación que existen actualmente, pasando por distintos puntos de tiempo y lugares diferentes; por otra parte, también se hace referencia a la historia del desarrollo de los demás materiales, como lo son la placa Arduino y el sensor sonoro, entre otros.

Palabras clave

Contaminación auditive, ruido, energía eléctrica

Introducción

Desde que el hombre se ha agrupado como sociedad ha tenido la necesidad de generar productos que satisfagan sus demás necesidades, ya sean básicas o inclusive algunas que no lo son del todo; sin embargo, esto ha acarreado consigo un problema un tanto mayor que tiene presencia desde los primeros asentamientos humanos: la contaminación.

El hecho de que el ser humano genere un producto para sí mismo haciendo uso de los materiales brindados por la naturaleza en sí mismo ya es contaminación, puesto que se ha modificado un espacio natural para beneficio propio; ahora bien, con el avanzar del tiempo y de la sociedad también han avanzado las formas y los niveles de contaminación a tal grado de ser insostenible.

Existen diversas formas de contaminación, entre ellas las más conocidas como lo son la contaminación del agua, del aire, del suelo; pero últimamente con el crecimiento de las ciudades se ha visto crecer otros tipos de contaminación un poco peculiares: la contaminación visual debida a la inmensa cantidad de publicidad en calles y avenidas; y la contaminación auditiva en la que nos centraremos de ahora en adelante.

La contaminación auditiva es –desde ahora- para nosotros (el autor y el lector) todo aquel exceso de sonido que modifica las condiciones normales de un área determinada y que en muchas ocasiones puede ser desagradable e insoportable.

Los efectos ocurridos por encontrarse en constante exposición a dicha contaminación son variados, están desde los fisiológicos hasta los psicológicos, variando en función del nivel de exposición al cual se encuentre el individuo, gracias a este tipo de contaminación también se corre el riesgo de sufrir una disminución importante en la capacidad auditiva.

Encontrar una solución total a dicha problemática resultaría sino es que muy difícil, demasiado tediosa para llevar a cabo, es por eso que este trabajo está enfocado a resolverla en un área muy determinada y específica: un edificio de departamentos.

En cualquier edificio de departamentos existen una serie de normas y reglas que ayudan a que la convivencia entre los habitantes sea lo más amena y cómoda posible. Derivada de estas se encuentra una en la cual nos enfocaremos para este trabajo. Cabe hacer mención aquí que la generación de contaminación auditiva en la mayoría de los casos es de procedencia humana, donde en un mayor porcentaje dicha generación es incluso innecesaria.

Ahora bien, la principal causa de la generación de contaminación auditiva y ruido en un edificio de departamentos es que cierto inquilino o inquilinos, utilizan estéreos y radios personales a un volumen excesivo y demasiado alto –nótese que en este caso es una producción de contaminación innecesaria-, y ya que es un incumpliendo de una norma de convivencia, requiere de medidas para ser corregida.

La propuesta de solución para dicho caso es que una vez rebasado cierto nivel de decibeles (esto depende del arrendador y la norma), el suministro eléctrico sea interrumpido y no sea restablecido hasta que la problemática sea resuelta o por lo menos haya pasado un determinado lapso de tiempo.

Esto como ya se dijo es a modo de corrección para que la convivencia siga siendo lo más sana posible. Es evidente que el sistema no actuara cuando la generación de ruido sea necesaria e inevitable, como puede ocurrir por poner un ejemplo, en el caso de una reparación de infraestructura ya sea dentro o fuera del mismo edificio.

Planteamiento del problema

El ruido y la contaminación auditiva generadas en un edificio de departamentos son producidos principalmente por el desacato de las normas establecidas para la sana convivencia, por lo tanto, se requiere de una medida correctiva.

Objetivos

Reducir por lo menos en un 15% el ruido y la contaminación auditivas generados innecesariamente dentro de un edificio de departamentos convencional, utilizando el control del sistema eléctrico del mismo.

Objetivo general

Diseñar un sistema al cual solo tenga acceso una persona y el cual pueda hacer algunas excepciones de funcionamiento de acuerdo a las necesidades del edificio.

Objetivo particular

Ser una medida correctiva a los incumplimientos de las normas de convivencia en un edificio de departamentos convencional.

Marco teórico

El ruido es la sensación auditiva inarticulada que generalmente es desagradable. En el medio ambiente, está definido como todo lo molesto para el oído o, para ser más claro, todo sonido no deseado. Sin embargo, en el ámbito de la comunicación sonora, se define como ruido a todo sonido no deseado que interfiere en la comunicación entre las personas o en sus actividades.

Para nuestra conveniencia será utilizará el término ruido como sinónimo de contaminación auditiva y esta hará referencia a ruidos con intensidades altas que puede perjudicial a la salud humana.

En la medición de los niveles de ruido, se tiene que hacer referencia a la presión sonora, la cual suele ser medida en decibelios (dB). El decibelio es un valor relativo que expresa la relación que existe entre el valor medido y un valor tomado como referencia; además el decibelio es logarítmico puesto que no es medido en una escala lineal, sino más bien, en una escala exponencial.

El valor de referencia tomado para el cálculo de los niveles de ruido es el límite de perceptibilidad que posee el oído humano, es equivalente a una presión sonora de 20 uPa (micro Pascales). Por lo tanto, 0 dB significa una presión sonora que se encuentra al borde de la perceptibilidad. Fig. 1.

Una instalación eléctrica es un conjunto de circuitos eléctricos que cuentan con el objetivo de conducir y distribuir la corriente eléctrica desde su punto de origen (compañía distribuidora) hasta la última salida eléctrica (para nuestro caso es el consumo doméstico). Las instalaciones eléctricas pueden ser clasificadas según la tensión y según el uso:

Por su tensión se distinguen entre:

- Instalaciones de alta y media tensión Estas son instalaciones de gran potencia con grandes pérdidas de energía por el calentamiento de los conductores. La diferencia de potencial máxima entre dos conductores es superior a 1000 volts (1Kv). Principalmente se usa para grandes consumidores industriales.
- Instalaciones de baja tensión. Estas son las instalaciones eléctricas más comunes, uso doméstico y comercial. La diferencia de potencial máxima entre dos conductores es inferior a 1000 volts (1 Kv), pero tiene que ser superior a 24 volts.

Los sensores son aparatos que son capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, o lo que se conoce como variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia,

aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc., para nuestro caso será un sensor sensible a la presión sonora.

Un contactor electromagnético es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de control, en caso de ser contactares instantáneos esto ocurre tan pronto se energice la bobina. Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de usuarios puede darles diferentes tipos de uso.

Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades.

Las baterías LiPo (abreviatura de Litio y polímero) son baterías recargables usadas en aplicaciones que requieren corrientes superiores a 1A con bajo peso y tamaño reducido, por ejemplo, sistemas de radiocontrol, como aviones, helicópteros, drones, cámaras, celulares, linternas, entre otros

Un relevador es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor pero que es accionado eléctricamente. El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán, fue desarrollado en la primera mitad del siglo XIX por el físico norteamericano Joseph Henry, a través de una bobina y un electroimán.

Lo que hace la bobina es crear un campo magnético que lleva los contactos a establecer una conexión. El electroimán, por su parte, permite el cierre de los contactos. Un relevador funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Metodología

El siguiente trabajo es elaborado con la finalidad de aprobar el proyecto terminal en la carrera de instalaciones y mantenimiento eléctricos para efectos prácticos de titulación a la vez de que se busca una solución viable para la problemática del ruido generado innecesariamente en un edificio convencional de departamentos.

Alcances y limitaciones

Es evidente que el ruido no se eliminara del todo, pues está presente practicante en cualquier sitio donde exista presencia humana, sin embargo, si es posible la reducción del ruido y la contaminación auditiva generados innecesariamente dentro de un edificio de departamentos.

Placa de Arduino

Arduino fue inventado en el año 2005 por el entonces estudiante del Instituto IVRAE (Instituto de Diseño interactivo Ivrea, Italia) Massimo Banzì, quien, en un principio, pensaba en hacer Arduino por una necesidad de aprendizaje para los estudiantes de computación y electrónica del mismo instituto, ya

que en ese entonces, adquirir una placa de micro controladores eran bastante caro y no ofrecían el soporte adecuado; no obstante, nunca se imaginó que esta herramienta se llegaría a convertir en años más adelante en el líder mundial de tecnologías DIY (Do It Yourself).

Inicialmente fue un proyecto creado no solo para economizar la creación de proyectos escolares dentro del instituto, sino que, además, Banzi tenía la intención de ayudar a su escuela a evitar la quiebra de la misma con las ganancias que produciría vendiendo sus placas dentro del campus a un precio accesible (1 euro por unidad).

El primer prototipo de Arduino fue fabricado en el instituto IVRAE. Estaba basado en una simple placa de circuitos eléctricos, donde estaban conectados un micro controlador simple junto con resistencias de voltaje, además de que únicamente podían conectarse sensores simples como leds u otras resistencias, y, es más, aún no contaba con el soporte de algún lenguaje de programación para manipularla.

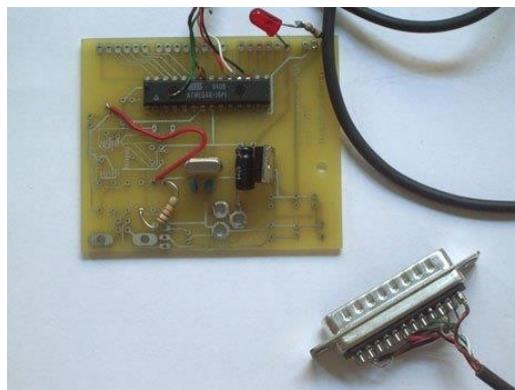


Figura 1. Primer prototipo Arduino

Años más tarde, se integró al equipo de Arduino Hernando Barragán, un estudiante de la Universidad de Colombia que se encontraba haciendo su trabajo de tesis, y tras enterarse de este proyecto, contribuyó al desarrollo de un entorno para la programación del procesador de esta placa: Wiring, en colaboración con David Mellis, otro integrante del mismo instituto que Banzi, quien más adelante, mejoraría la interfaz de software.

Tiempo después, se integró al "Equipo Arduino" el estudiante español David Cuartielles, experto en circuitos y computadoras, quien ayudó Banzi a mejorar la interfaz de hardware de esta placa, agregando los micro controladores necesarios para brindar soporte y memoria al lenguaje de programación para manipular esta plataforma.

Más tarde, Tom Igoe, un estudiante de Estados Unidos, escuchó que se estaba trabajando en una plataforma de open-source basada en una placa de micro controladores pre ensamblada. Después se interesó en el proyecto y fue a visitar las instalaciones del Instituto IVRAE para averiguar en que estaban trabajando. Tras regresar a su país natal, recibió un e-mail donde el mismo Massimo Banzi invitó a Igoe a participar con su equipo para ayudar a mejorar Arduino. Aceptó la invitación y ayudó a mejorar la placa haciéndola más potente, agregando puertos USB para poder conectarla a un ordenador. Además, él le sugirió a Banzi la distribución de este proyecto a nivel mundial.

Cuando creyeron que la placa estaba al fin lista, comenzaron su distribución de manera gratuita dentro de las facultades de electrónica, computación y diseño del mismo instituto. Para poder promocionar el proyecto Arduino dentro del campus, tuvieron que consultar con un publicista que más parte pasaría a formar parte del equipo Arduino: Gianluca Martino, quien la distribuyó dentro del instituto y promocionándola a algunos conocidos y amigos suyos. Al ver su gran aceptación por parte de los

alumnos y maestros y tomando en cuenta el consejo de Igoe, pensaron en su distribución nivel mundial, para lo cual contactaron a un amigo y socio de Banzi, Natan Sadle, quien se ofreció a ensamblar en masa las placas tras interesarse en el proyecto .

Un breve tiempo más tarde, al ver los grandes resultados que tuvo Arduino y las grandes aceptaciones que tuvo por parte del público, comenzó a distribuirse en Italia, después en España, hasta colocarse en el número uno de herramientas de aprendizaje para el desarrollo de sistemas autómatas, siendo además muy económica (300-500 pesos) en comparación con otras placas de micro controladores (800 pesos en adelante).

Resultados y discusión

Con la implementación del sistema, se ha observado que se muestra un gran interés por parte de los habitantes del edificio de departamentos, al mismo tiempo que se ha generado en algunos casos molestia y desagrado, sin embargo, en lo que concierne al arrendador este ha mostrado señales de aceptación y conformidad.

La mayoría de las personas que viven en el edificio han aceptado los términos y condiciones que se estipulan en sus contratos de arrendamiento respecto a la generación innecesaria de ruido, siendo posible la instalación del sistema en condiciones de prueba y evaluación de funcionamiento.

Al momento de sobrepasar dichos niveles de ruido mencionados en el desarrollo de este trabajo y en la Norma Ambiental de la Ciudad de México, el sensor sonoro KY-037 responde de una manera efectiva y rápida, simultáneamente, la programación de la placa Arduino Nano ha resultado ser correcta y funciona perfectamente de acuerdo a los propósitos iniciales que se tenían.

En lo referente al contactor electromagnético GDP322 y al módulo relevador KY-019, estos han sido sometidos a pruebas con corrientes que según sus datos técnicos tendrían que ser capaces de soportar, las pruebas arrojaron que son capaces de soportar en sus contactos las corrientes generadas en una casa habitación convencional, con lo que se elimina el riesgo de que existan averías y fallas en estos elementos; siendo que el contactor electromagnético GDP322 puede soportar hasta 32 A y el modulo relevador KY-019 puede soportar hasta 10 A de corriente alterna.

Posteriormente, la batería LiPo de 9VCD para la alimentación, gracias a su gran capacidad se ha convertido en una excelente opción ya que también ofrece la posibilidad de ser recargada bastantes veces, además de que sus dimensiones y peso son extremadamente pequeños y ligeros.

Por otro lado, la placa Arduino Nano carece de fallas y errores en su hardware haciendo que sea la mejor opción en cuanto respecta a lo económico como a lo portátil, ya que su tamaño no sobrepasa los 7cm y es muy fácil de adquirir y de usar.

También, como consecuencia de que la interrupción del suministro eléctrico por cada vez sobrepasado el nivel de ruido permitido sea por un lapso de tiempo determinado, se puede decir que en cierta medida se está fomentando el ahorro en el consumo de energía eléctrica, y aunque éste pareciera pequeño, le añade un beneficio más a la implementación de este sistema.

Finalmente, este sistema ha dejado en claro que tiene un funcionamiento correcto y óptimo de acuerdo a su propósito, por lo cual se invita a ser instalado en cualquier edificio de departamentos donde se quiera reducir el ruido excesivo.

Conclusiones

Este sistema es una propuesta de solución viable para abatir el problema de la generación innecesaria de ruido y contaminación auditiva en un edificio de departamentos y para ayudar a mantener el orden público.

Además, este sistema puede actuar de manera que el beneficio obtenido sea propiciar el ahorro en el consumo de energía eléctrica, aunado a esto su instalación y conexión no son demasiados complicados ni caros, puesto que cualquier persona con un poco de conocimiento en instalaciones eléctricas residenciales lo puede llevar a cabo, sin embargo, se recomienda que este sea llevado a cabo por un profesional calificado en este ramo.

Por otra parte, al llevar a cabo este trabajo se han puesto en práctica y se han aplicado todos los conocimientos y aprendizajes adquiridos durante el transcurso de la carrera de técnico en instalaciones y mantenimiento eléctricos, siendo este documento el trabajo final para efectos prácticos de titulación profesional y como demostración de los anteriormente mencionado.

De igual manera, esta investigación y propuesta puede servir como un punto de partida para llevar a cabo otras investigaciones o trabajos referentes a este tema realizados por otras personas en el futuro, así como incitar la iniciativa de realizar investigaciones de este estilo para las nuevas generaciones de profesionistas en este ámbito.

Es evidente que el ruido no se ha eliminado del todo ni lo será próximamente, pues está presente practicante en cualquier sitio donde exista presencia humana, sin embargo, si fue posible llevar a cabo la reducción del ruido, aunque sea en una medida pequeña, pero no insignificante.

Bibliografía

Agencia Internacional de Energía. (2018) Estadísticas energéticas mundiales. Francia: Agencia Internacional de Energía.

Cárdenas, D. (2011). Modelado de Fuentes Generadoras de Incendios Eléctricos por termo conducción. Tesis doctoral, UPC, Departamento de Proyectos de Ingeniería.

Castro, J. (2011). Perspectivas de la demanda energética global. Petrotecnia.

Corrales Martín, J. (2010). Cálculo industrial de máquinas eléctricas. España: Marcombo

de Obras Civiles, M. D. D. (2016). Comisión Federal de Electricidad. Serie Hidrotecnia. A.

Harper, G. E. (2002). El ABC de Las Instalaciones Eléctricas Industriales. México: Limusa

Harper, G. E. (2004). El ABC de la reparación y mantenimiento de los aparatos electrodomésticos. México: Limusa.

Harper, G. E. (2005). Guía para el diseño de instalaciones eléctricas, residenciales, industriales y comerciales. México: Limusa.

Martínez, A. (2016). CATÁLOGOS INDUSTRIALES Y CONSTRUCTIVOS: IDENTIFICACIÓN DE MAQUINARIA Y TIPOLOGÍAS EN EL PATRIMONIO INDUSTRIAL. En I Congreso Internacional de Patrimonio Industrial y de la Obra Pública: Nuevas estrategias en la gestión del Patrimonio Industrial (pp. 23-34).

Martínez, F. A. P., Vivas, O. A. G., & Rosas, Y. S. S. (mayo, 2017). Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda. Revista UIS Ingenierías, Vol. XVI (Número 2) pp. 217-226.

Orrego, J. J. M. (2007). Electricidad I. Teoría básica y prácticas (Vol. 1). España: Marcombo.

Poonpun, P. y Jewell, WT (2008). Análisis del costo por kilovatio hora para almacenar electricidad. Transacciones IEEE sobre conversión de energía. Vol. XXIII (Número 2) pp. 529-534.

Digitalización

Herramientas de apoyo a la creación de narrativas de riesgo en experiencias de realidad virtual

Javier Mora Serrano^{1*}, Felipe Muñoz-La Rivera¹; Raimon Mercè²; Ignacio Valero¹

*Corresponding author: mora@cimne.upc.edu

¹Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE)| Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

²Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Abstract

Dos de las características diferenciales del sector AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación) complican la creación de materiales formativos para sus trabajadores. Por un lado, el lugar de trabajo es único y cambiante con el tiempo; por el otro, la tendencia al envejecimiento de sus trabajadores debido a la crisis y al poco atractivo de la industria para las nuevas generaciones de profesionales.

Estas dos problemáticas pueden ser abordadas por las tecnologías de realidad virtual, que permiten la creación ágil de todo tipo de escenarios mientras que su actualidad tecnológica puede resultar atractiva para los más jóvenes.

El presente trabajo muestra los resultados de una investigación que persigue proporcionar herramientas basadas en experiencias de realidad virtual para el soporte al aprendizaje y a la concienciación en prevención de riesgos laborales. Este objetivo forma parte del desarrollo de una Cultura para la Prevención, que permite el tratamiento del factor humano, con toda su complejidad y casuística.

La propuesta incluye el desarrollo de proceso y herramientas que permitan replicar el escenario específico donde se realizará la obra, incorporar riesgos e incidentes probables, establecer de forma sistemática relaciones causa-efecto, incorporar una narrativa (storytelling) que proporcione significado emocional a los usuarios y, por último, la creación de un flujo de trabajo que facilite el desarrollo ágil de estas experiencias de realidad virtual para cada obra específica.

Palabras clave

Cultura de la prevención, realidad virtual, narrativas, formación, concienciación

Introducción

La construcción (AECO -Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación) es uno de los sectores que presenta mayor índice de accidentabilidad y que por su propia naturaleza implica factores de riesgo específicos en las tareas rutinarias de los trabajadores.

De entre esos factores diferenciales es importante destacar dos: (a) el lugar de trabajo es un emplazamiento único y además cambiante conforme la obra se desarrolla; (b) la construcción ha experimentado un envejecimiento de su población, tras expulsar a sus trabajadores más jóvenes debido a la crisis económica de la pasada década (Le, Lee, & Park, 2014).

El primero de los factores implica dificultades para la incorporación, mantenimiento y verificación de las medidas de seguridad, que deben supervisarse en todo momento, en contraste a aquellos otros

espacios de trabajo que se mantienen estables con el tiempo, como son las oficinas o cadenas de montaje (Radu, Vlad, Dragan, & Basliu, 2013).

El segundo de los factores tiene dos consecuencias significativas: por un lado el envejecimiento de las personas se extiende a las propias actividades y herramientas del sector, pues dificulta así la adopción de innovaciones que vendrían de la mano del cambio generacional; por el otro, una vez terminada la crisis e iniciada la recuperación económica, este mismo envejecimiento hace a la construcción menos atractiva para los jóvenes, lo que complica la contratación de nueva mano de obra, mucho menos si se requiere cualificada y preparada según los contenidos formativos más recientes (Gao, González, & Yiu, 2020).

Partiendo de estos dos puntos, el presente trabajo muestra los resultados preliminares de una investigación que persigue proporcionar herramientas basadas en experiencias de realidad virtual para el soporte al aprendizaje y a la concienciación en prevención de riesgos laborales (PRL). Este objetivo forma parte del desarrollo de una Cultura para la Prevención (Meliá, 2007), es decir, que implica una medida a medio y largo plazo, que contrasta con los mecanismos de protección que deben dar respuesta en tiempo real (equipamientos de protección individual y colectiva, sistemas de alarmas, supervisión de los técnicos prevencionistas) (Teizer, 2016). Además, implica el factor humano, con toda su complejidad y casuística.

Metodología

Para alcanzar el objetivo del desarrollo de una Cultura para la Prevención, las herramientas de realidad virtual deben ser capaces de adaptarse a los escenarios cambiantes de las obras, lo cual encaja muy bien con las características modulares y flexibles de la tecnología, pero, además, tienen potencial para adaptarse a los diferentes roles, sensibilidades y perfiles de los trabajadores, según sea su nivel de responsabilidad, situación emocional (fatiga, tensión, etc) en el momento en que aborda la tarea. Por otro lado, la solución debe facilitar la formación y sensibilización regular y continuada de trabajadores mientras se allana la transición hacia la digitalización del sector, potenciando así la transferencia de conocimiento entre las generaciones, y ayudando a revertir el freno para la renovación de la industria.

En este sentido, se revisa la intersección entre la metodología actual de formación en PRL con las posibilidades de la realidad virtual, mediante una serie de elementos que se consideran esenciales para avanzar hacia una solución personalizada que involucre de forma activa al trabajador en su aprendizaje. Así, la metodología de investigación se estructura en cuatro etapas:

- (1) Precedentes, donde se estudian los antecedentes de formación para PRL, sus métodos tradicionales, fortalezas y debilidades;
- (2) Evolución y características de la realidad virtual, con un enfoque centrado en sus herramientas y oportunidades para la construcción;
- (3) Propuesta conceptual, donde se abordan los aspectos clave para encausar la realidad virtual hacia la concienciación y formación de los trabajadores; y
- (4) Resultados, donde se muestra ejemplos de aplicación de diferentes funcionalidades de la realidad virtual para contribuir a la formación de una Cultura para la Prevención.

Precedentes

En la actualidad, la capacitación para las diferentes áreas de la industria de la construcción se encuentra fundamentada en su mayoría en contenidos tradicionales, con un formato de apuntes o

libros de texto, tratados según metodologías también tradicionales, clases presenciales donde se describe un temario y se pasa un cuestionario de evaluación (Saleh & Pendley, 2012). En algunos casos se cuenta con material multimedia y a distancia, que flexibiliza más las clases y abre la puerta a muchas otras posibilidades.

El formato más potente para la formación de trabajadores sigue siendo las prácticas que se realizan en lugares específicos, donde se les demuestra mediante operaciones prácticamente indistinguibles de la práctica profesional, la manera de llevar a cabo determinadas tareas y procedimientos (Gao, Gonzalez, & Yiu, 2019).

Para la formación en PRL estas prácticas proporcionan un aprendizaje especialmente significativo, pues como es natural, existe una gran diferencia entre el conocimiento sobre el equipamiento de protección individual (EPI) cuando se utiliza respecto a si únicamente se lee o escucha su descripción.

Sin embargo, estas prácticas presentan tres inconvenientes: (a) suelen ser costosas; (b) por la misma naturaleza de la infraestructura necesaria, no siempre se ajustan a todo tipo de obras o necesidades; y (c) por este mismo último motivo, no son flexibles para actualizarse con agilidad frente a los requerimientos en la adquisición de nuevas habilidades.

En el proceso de aprendizaje es importante destacar que será tanto más significativo y efectivo cuanto más consiga que la persona interiorice el conocimiento más allá del razonamiento lógico, es decir, que evolucione del aprendizaje declarativo, tradicionalmente el teórico, al procedimental, que viene dado por la práctica. Uno de los ejemplos más socorridos para ilustrarlo es el de la conducción de vehículos, donde la mayor parte de las reacciones son mecánicas. La Figura 1 formaliza este aspecto mostrando cómo la pérdida de habilidades en el desarrollo de tareas es tanto más severa dependiendo de la fase del aprendizaje donde se encuentre el trabajador. Esto implica que la solución a desarrollar debe fomentar la repetición de aquellas prácticas cuyo hábito desee fortalecerse, como podría ser el adecuado uso y colocación de los EPIs (Kim, Ritter, & Koubek, 2013).

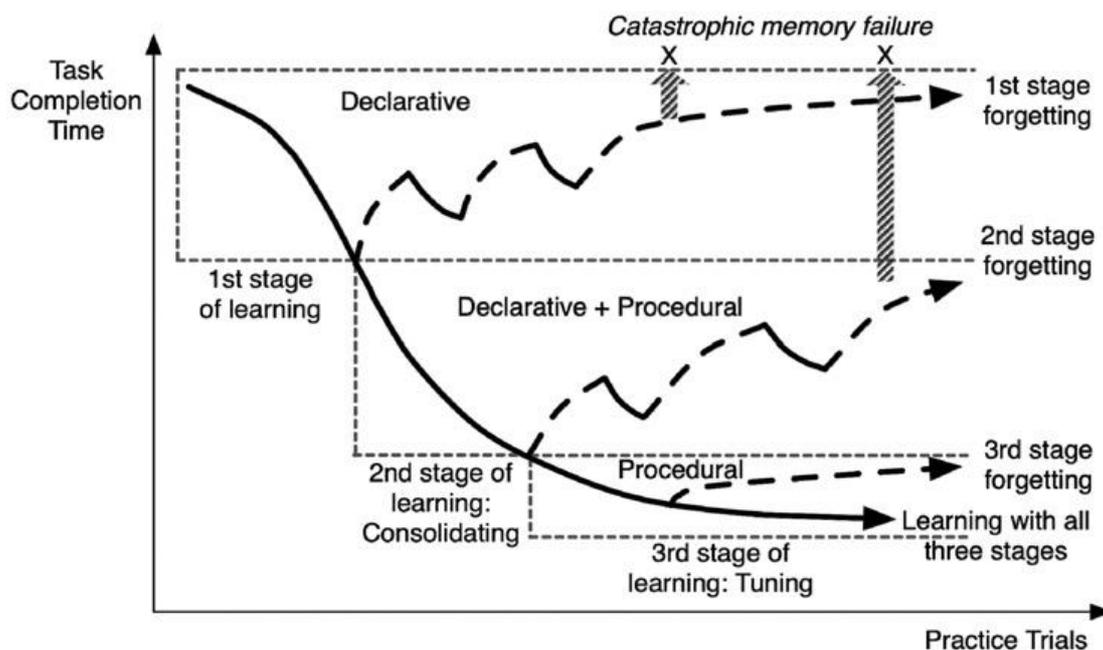


Figura 1. Retención de habilidades según las tres etapas del aprendizaje y la falta de práctica (Kim, Ritter, & Koubek, 2013)

Como último elemento, es preciso señalar que dos de los grandes obstáculos para la formación son tanto la frustración de los alumnos frente a conocimientos que perciben como imposibles de adquirir, como su opuesto, que es el aburrimiento (Csikszentmihalyi, 1975). Para abordar esta dificultad es pertinente citar el “Canal de Flujo” descrito por Csikszentmihalyi e ilustrado en la figura 2.

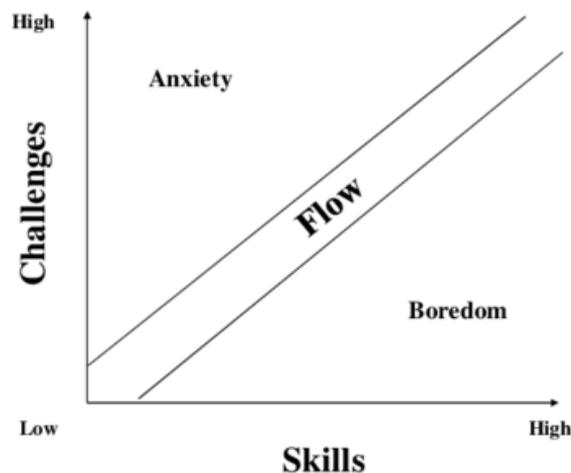


Figura 2. Canal de flujo según Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi, 1975)

Solo cuando nos mantenemos en el equilibrio, ese “Flujo”, entre un reto que no resulte inalcanzable dadas las habilidades del participante, pero sin que tampoco resulte tan básico que no sea estimulante, conseguiremos captar la atención y el interés del trabajador. Como es inmediato deducir, este proceso debe ser gradual para incrementar la dificultad de las tareas a realizar conforme se adquieren y consolidan las nuevas capacidades.

A la vista de todos estos criterios, los actuales recursos y metodologías formativas para la PRL se muestran insuficientes para cumplir con la creciente complejidad de las operaciones en construcción y la deseable expansión de la industria. Se hace preciso la necesidad de modernizar los actuales sistemas de formación para adaptarlos a las nuevas exigencias de la profesión, aprovechando el potencial de las tecnologías emergentes que tenemos disponibles (Kassem, Benomran, & Teizer, 2017).

La realidad virtual en la construcción

En particular, en los últimos cinco años hemos asistido a un renacer de las tecnologías de la realidad virtual y aumentada (VR/AR), como sistemas de visualización inmersivas de todo el ecosistema digital con el que, en particular, ya se trabaja en los despachos de arquitectura e ingeniería.

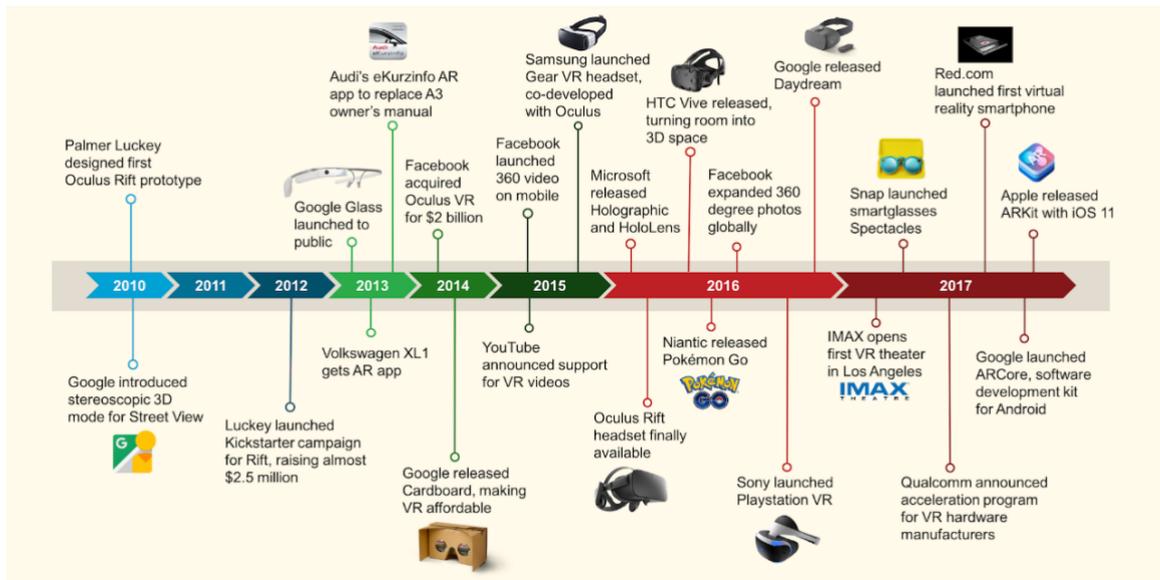


Figura 3. Evolución de la Realidad Virtual y Aumentada durante la última década. (AcceleratingBiz, 2020).

Si bien la historia de estas tecnologías se remonta a mucho tiempo atrás (década de los 50 del siglo pasado para algunos, años veinte del mismo siglo para otros), es en este último lustro que ha llegado a la industria y al público general de forma rutinaria y masiva.

Como puede observarse en la figura 3, la clave se encuentra en la miniaturización (por tanto, portabilidad) de los dispositivos (gafas Oculus Rift primero, HTC Vive después), y en la capacidad en memoria, cálculo y transferencia de datos tanto de las tarjetas gráficas como de los procesadores.

Del mismo modo, a nivel de software, también ha sido relevante la capacidad para el tratamiento de escenarios tridimensionales y su interacción en tiempo real, a niveles de gran realismo, gracias a la evolución en las tecnologías de renderizado y de interacción persona-computadora (HCI), donde ha tenido mucho que ver el CAD y las animaciones desarrolladas para la ingeniería y arquitectura, como para las empresas multimedia en sentido amplio, incluyendo el cine, televisión, pero con especial mención a la industria del videojuego, como principal impulsor.

Así, resulta importante para este estudio enfatizar las siguientes características de la tecnología de realidad virtual (Pedro, Le, & Park, 2016) (Li, Yi, Chi, Wang, & Chan, 2018):

- a) a nivel de información, permite la creación de escenarios (hiper)realistas y, por lo tanto, tridimensionales con texturas, iluminación y perspectivas, en línea con el CAD;
- b) a nivel de visualización (experiencia sensorial), facilita la inmersión del usuario (360°) en tal escenario (extensible a la experiencia auditiva e incluso háptica);
- c) a nivel de interacción, proporciona una respuesta en tiempo real, equivalente a los juegos y, de forma más amplia, a las prácticas de campo y ensayos experimentales;
- d) y, por último, a nivel de contenidos, permite la incorporación de diferentes capas de datos con diversos modos de representación: desde los escenarios 3D mencionados, hasta mensajes hipertextuales enriqueciendo los objetos observados, también de acuerdo con lo aprendido en la industria de los videojuegos.

Por otro lado, aprovechando la consolidación del Building Information Modeling (BIM) para todas las fases del ciclo de la construcción (Muñoz-La Rivera, Vielma, Herrera, & Carvallo, 2019), la realidad virtual muestra nuevas maneras de operar para estos medios de visualizar proyectos y revisar su diseño. El potencial venía siendo anticipado ya en artículos del 2010 previos a la madurez de la tecnología, lo cual facilita la revisión de los aspectos relativos a la prevención de riesgos (Bassanino, Wu, Yao, & Khosrowshahi, 2010) (Woodward, y otros, 2010).

Propuesta conceptual

Desde esta primera valoración general, como primer beneficio clave de la realidad virtual encontramos la capacidad para crear entornos realistas donde se puede:

a) replicar el escenario específico donde se realizará la obra para la familiarización de todos los trabajadores previo a su incorporación al lugar, y con tanto detalle como sea necesario, a nivel de:

- tareas que deben realizar, su ubicación y cronograma;
- desplazamientos requeridos, tanto para acometer la tarea en sí, como para aprovisionarse de herramientas, maquinaria y materiales, como para las consultas o reportes que deben realizar;
- incorporación realista del equipamiento de protección colectiva (EPC): vallas, redes, señalización, etc, y de su evolución conforme la obra avanza;
- incorporación realista del equipamiento de protección individual (EPI): casco, chaleco, botas, gafas, guantes, arnés, y de la verificación de que se está empleando debidamente;

b) incorporar riesgos e incidentes probables, tales como:

- la caída de objetos, el movimiento de maquinaria pesada, una descarga eléctrica;
- el deslizamiento desde alturas, el tropiezo con irregularidades del terreno;
- desprendimiento de tierras, imprevistos geológicos;
- condiciones meteorológicas, lluvia, sol, viento, incluso sismos;
- comportamientos inesperados de otros trabajadores;

Así, este tipo de experiencia permite la formación de los trabajadores según sus diferentes responsabilidades y tareas, considerando el entorno global de interacción en el que se mueven, sin exponerlos a ningún riesgo para la salud y seguridad, y pudiendo incorporar todo tipo de eventos, reales o ficticios, como podría ser una inundación, de forma programada y artificial. Nótese que este tipo de fenómenos resultan significativamente más complejos de implementar, cuando no impracticables, en instalaciones reales.

El primer punto se encuentra directamente vinculado con la natural evolución del ecosistema BIM. Por un lado, la dimensión 3D se hace cada vez más sofisticada para recrear los escenarios realistas de la obra, lo cual puede ser directamente trasladado como experiencia de realidad virtual. Por el otro, la dimensión 4D permite el seguimiento de la evolución de la obra y sus recursos con el tiempo, lo que también es de esperar que tenga una conexión directa con su visualización interactiva e inmersiva.

Únicamente es preciso incorporar los elementos de prevención, que son elementos de la misma naturaleza y características a los objetos BIM, tal y como se muestra en la Figura 4, en una primera herramienta desarrollada por la Fundación Laboral de la Construcción. (Fundación Laboral, 2019)

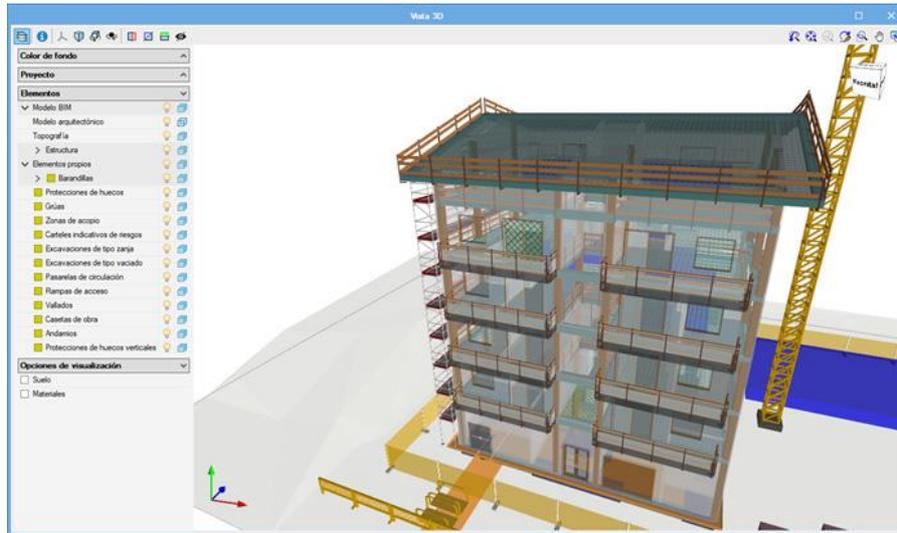


Figura 4. Vista 3D de una obra equipada con elementos de protección colectiva (Fundación Laboral, 2020).

El segundo punto requiere de una programación más propia de plataformas de videojuegos, cuyas funcionalidades permiten la incorporación de tales riesgos mediante herramientas informáticas, a través de un desarrollo a un nivel de programación de alto nivel, mediante parámetros y menús del entorno, o mediante lenguajes de bajo nivel, escribiendo líneas de código. La elección de uno u otro dependerá del tipo de casuística que se desee implementar. La empresa Ludus (Ludus, 2020) ha desarrollado un amplio catálogo de soluciones muy completas con estos elementos.



Figura 5. Simulador FallPro para la formación específica para la prevención de caídas en altura (Spri, 2020).

Estos desarrollos conducen de forma natural hacia los elementos de ludificación (gamification) de la experiencia, tales como las recompensas (completar las tareas requeridas de la forma y en el tiempo requerido) y penalizaciones (pérdida de salud cuando se produce el accidente o de agilidad), que pueden extenderse a los propios de los videojuegos (puntuación, tiempo, logros, medallas, etc) (Din & Jr, 2019).

Al tratar estos retos a nivel funcional, rápidamente se hace necesario contar con tres nuevos elementos, que constituyen el principal interés de los autores de este trabajo:

a) El establecimiento sistemático de relaciones causa-efecto, que se encuentra vinculado con la técnica del árbol de causas para investigar accidentes (González, y otros, 2017), que extendemos a las consecuencias que pueden remarcarse durante la experiencia formativa, tales como, por ejemplo:

- las lesiones producidas debido a una caída que pueden dar lugar a una cojera;
- la pérdida de visibilidad si se produce humo debido a un fuego;
- una peor precisión en los movimientos del usuario si se encuentra en estado de fatiga o afectado por una alta temperatura;

b) la incorporación de una narrativa (storytelling) que proporcione significado emocional a los usuarios, que les motive a desarrollar la experiencia y desarrollarla de la mejor manera posible. Este elemento no solo redundaría en la mejora de sus habilidades, sino que abre un amplio abanico de posibilidades en función del tipo de formación requerida, del perfil del trabajador y de la experiencia de sus compañeros. Las narrativas forman parte esencial de los métodos de aprendizaje informal en el trabajo (NIOSH, 2005), y pueden ayudar a canalizar de forma más efectiva todo el conocimiento acumulado del grupo;

c) La creación de un flujo de trabajo que facilite el desarrollo ágil de estas experiencias de realidad virtual para cada obra específica, como precursor a la automatización de estas experiencias; por un lado, este flujo facilita la organización de tareas para diseñadores y programadores que deban crear cada experiencia específica, mientras que, por el otro, define los requerimientos para el diseño e implementación de plataformas que automaticen todo el proceso, lo que agilizaría la creación y el despliegue de este material formativo a todo tipo de técnicos prevencionistas sin la necesidad de que dispongan de conocimientos de programación.

En el siguiente apartado se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los puntos planteados. La plataforma de desarrollo empleada ha sido unity3d®, si bien también se han realizado ensayos alternativos sobre Unreal Engine®. Las diferencias observadas no son significativas de cara a los resultados obtenidos. De forma equivalente, para la visualización en realidad virtual se han empleado las gafas HTC Vive® de primera generación.

Resultados y discusión

Réplica del escenario específico donde se realizará la obra. Procesos de importación y recreación fotorrealista

Los paquetes tradicionales de CAD tipo Autocad/3D Studio Max, Blender y similares disponen de representación fotorrealista mediante sus capas de materiales, texturas, iluminación y visualización en perspectivas cónicas simulando el comportamiento de cámaras reales. Muchos de ellos también permiten realizar paseos virtuales que, para el ámbito de la construcción, representa la visita por el interior de edificios o infraestructuras. Todas estas funcionalidades pueden encontrarse también en los paquetes del ecosistema BIM (Revit, Archicad, Allplan, Lumion), que se suelen complementar con la representación estereoscópica para la visualización mediante gafas y sistemas de realidad virtual.

El primer uso de Unity3D® responde a estas primeras funcionalidades: la importación de un modelo geométrico CAD o BIM de la obra y su enriquecimiento mediante diversas propiedades. Es decir, la asignación de materiales e inclusión de objetos (edificios colindantes, vegetación, elementos de la obra, etc).

Como primera observación, una vez en el contexto de experiencias de realidad virtual y a diferencia de los paquetes CAD/BIM, estos materiales adquieren dos funcionalidades: (a) la visual con fines estéticos, que se mantiene; y (b) la física, propia de simuladores de dinámica de objetos, dado que el usuario podrá interactuar con su entorno y éste responder de acuerdo con un motor físico programado que debe incorporarse; a modo de ejemplo, el usuario no podrá traspasar una pared pero puede hacer ceder una valla o red en función de su consistencia y anclajes, tal como se ve en la Figura 6.

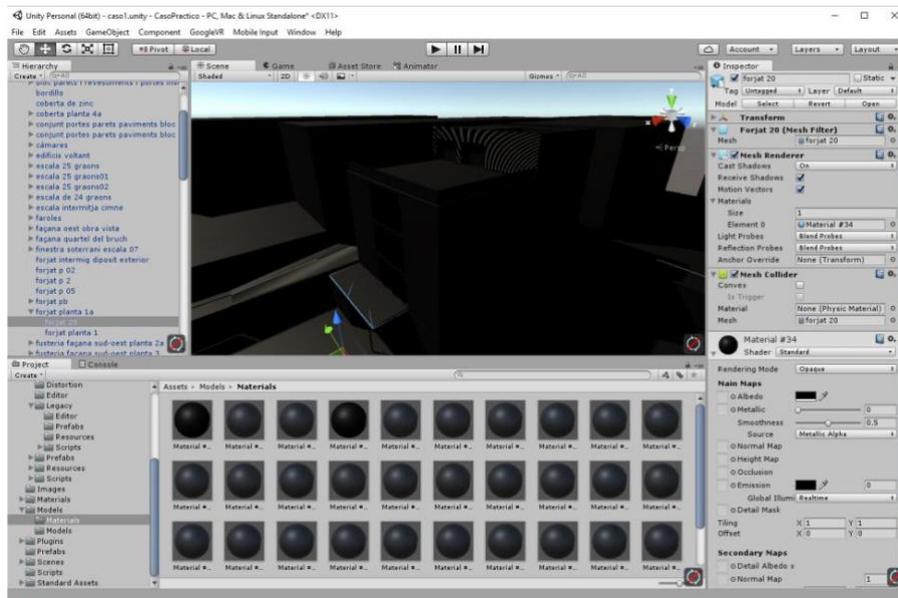


Figura 6. Selección de materiales en Unity3D®, con sus correspondientes texturas (Rigol, 2017).

Por otro lado, el uso de objetos adicionales a los empleados tradicionalmente en los paquetes BIM/CAD también tiene esa doble finalidad: (a) estética, como la vegetación y personas en los renderizados de los edificios; (b) la funcional de cara al objetivo formativo, en este caso la interacción del usuario con los elementos de obra atendiendo a una adecuada PRL, lo que directamente refiere al empleo de EPCs y EPIs, como se aprecia en la Figura 7.

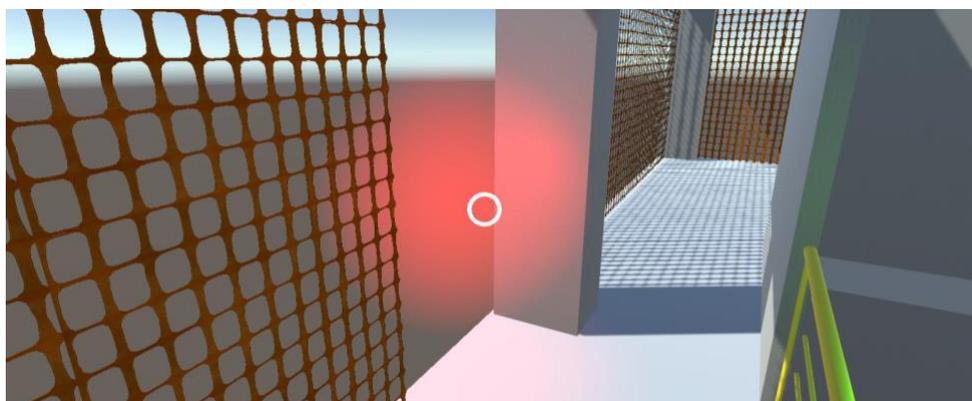


Figura 7. Recreación de un riesgo debido a defecto en el mantenimiento y supervisión de EPC (Rigol, 2017).

La incorporación de cámaras e iluminación, de forma equivalente al software de diseño, es un elemento importante para las experiencias en realidad virtual, destacándose dos aspectos relevantes: (a) es habitual seleccionar la cámara en formato de primera persona (first person shooter, según la terminología de videojuegos), que tiene una incidencia directa en la experimentación del usuario a través de los ojos del protagonista, lo que resulta clave para potenciar la inmersión e implicación del trabajador en la experiencia; (b) aunque la iluminación aparente ser un complemento fotorrealista más, nótese que ya puede suponer un elemento potente para resaltar los riesgos debidos al deslumbramiento por el sol o, en su extremo opuesto, a las caídas y accidentes por deficiente visibilidad (Rigol, 2017), como se muestra en la Figura 8.

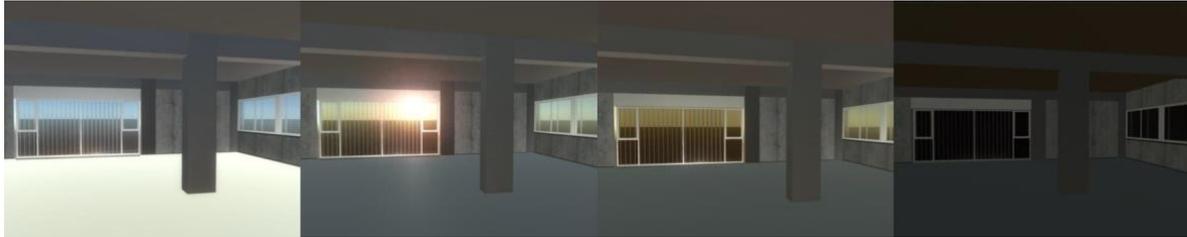


Figura 8. Iluminación, que puede llevar riesgos asociados tales como los cambios de luz, desde deslumbramiento hasta oscuridad que dificulte la adecuada visibilidad (Rigol, 2017)

Flujos de trabajo estandarizados

Los usos anteriormente descritos pueden formalizarse mediante un primer flujo de trabajo combinado con elementos de ludificación, según la siguiente secuencia (descrita esquemáticamente en la Figura 9):

- 1) la importación de la estructura desde 3D Studio/Revit o paquetes CAD/BIM similares;
- 2) la inclusión de la cámara para el personaje que realizará la experiencia, en este caso un trabajador al que se le quiere mostrar la obra y sus peligros;
- 3) la incorporación de materiales, texturas e iluminación, así como objetos propios del lugar de construcción (palés con materiales, maquinaria, escaleras, etc), e incluso sonidos ambientales;
- 4) la incorporación específica de EPCs: vallas, redes, señalización, etc;
- 5) definir y programar los peligros con los que entrenar al trabajador (caída de objetos, tropiezos, etc);
- 6) añadir elementos de ludificación como pueden ser la salud del trabajador que va menguando si se producen accidentes (penalización), y una puntuación en función de sus logros (recompensa);
- 7) la compilación para dispositivos de realidad virtual (Rebollo, 2017).



Figura 9. Flujo de trabajo básico de creación de experiencias de realidad virtual para la PRL (Rebollo, 2017).

Todo este proceso puede extenderse a otro tipo de perfiles, empleando la misma metodología y herramientas tecnológicas. El más significativo sería el del técnico prevencionista con una ligera variante sobre el enfoque. Su misión no sería la de evitar los riesgos, sino identificarlos, etiquetar los espacios y maquinaria, verificar la instalación y uso correcto de todos los EPCs y EPIs necesarios por zona y trabajador, reproduciendo lo que sería una visita de obra para la inspección de las medidas de PRL. Esta simulación debería adaptarse según la obra progresa, dado que las medidas de prevención también evolucionan con el cronograma de la obra (Rojas, 2020). La Figura 10 muestra el flujo de trabajo asociado a este proceso.

Del mismo modo, este conjunto de experiencias de realidad virtual también puede contribuir a realizar un adecuado diseño para la prevención de la obra, tanto considerando los riesgos durante la etapa de ejecución, como ya en fase de operaciones y mantenimiento.

A partir de este flujo básico y las consideraciones de los diferentes roles en la obra, puede extenderse el alcance de la experiencia de realidad virtual mediante la programación de elementos con capacidad de interacción en la escena.

La programación de los elementos que componen el escenario puede ser sobre:

- (a) la maquinaria, que tendrá su desplazamiento, lo que incorpora el riesgo de atropellamiento, uno de los más habituales en obra;
- (b) los propios EPCs que pueden cambiar de consistencia o lugar si reciben golpes o son manipulados;
- (c) planillas interactivas para la adquisición de datos del entorno inmersivo, para aspectos de revisión de EPCs o EPIs, por ejemplo, como se muestra en la Figura 11.

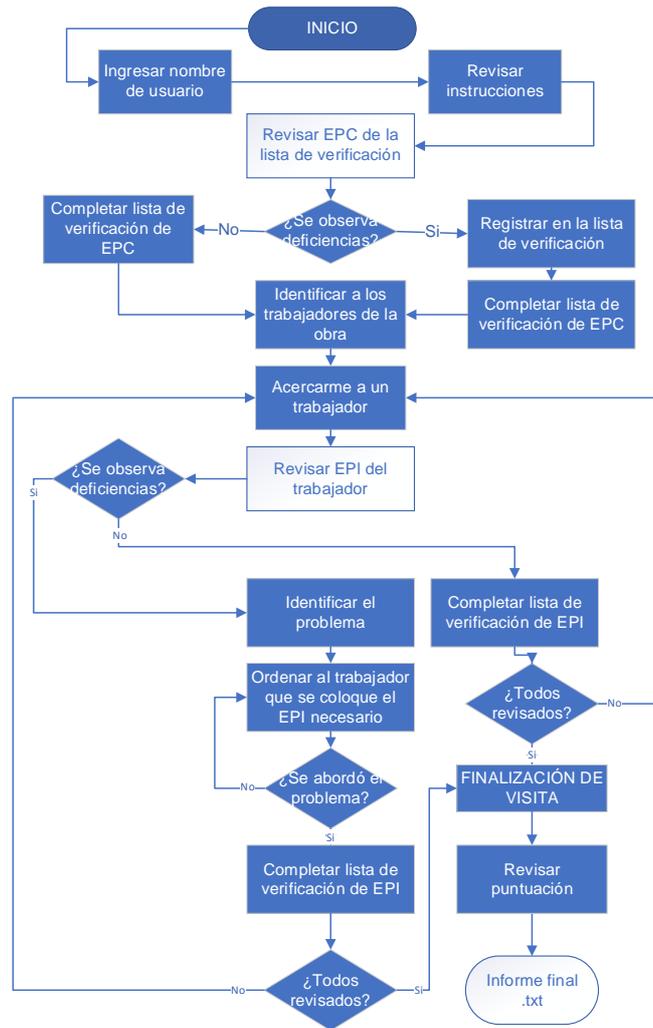


Figura 10. Esquema simplificado actividades de supervisión del técnico prevencionista en obra (Rojas, 2020).

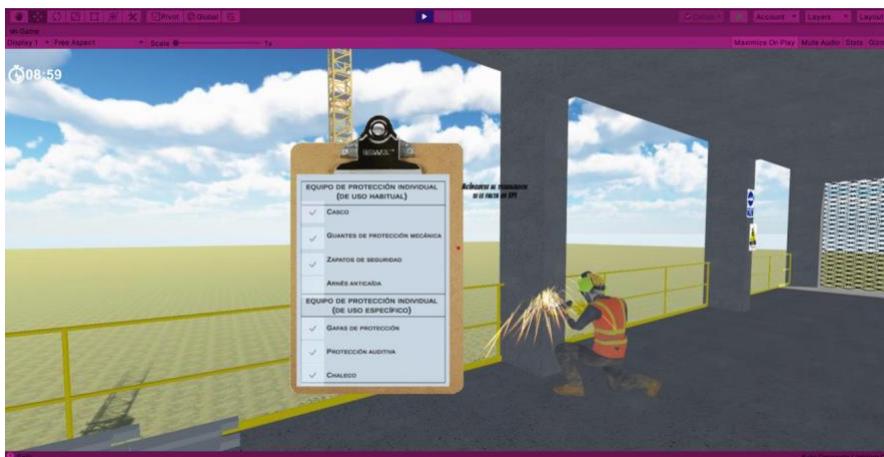


Figura 11. Recreación de una de las actividades de supervisión de los elementos de seguridad mediante realidad virtual (Rojas, 2020).

El factor humano en experiencias de realidad virtual

Hasta el momento se ha descrito la interacción del usuario (trabajador o técnico prevencionista) con el entorno, pero sin mencionar su posible encuentro con otros trabajadores o agentes que tengan presencia en la obra. Es muy importante considerar esta presencia pues todo trabajador es también un elemento preventivo activo que debe velar no solo por su seguridad, sino también por la de sus compañeros. Desde el punto de vista de la tecnología, pueden incorporarse otras personas en la escena básicamente de dos maneras:

La primera, como personajes de comportamiento automatizado (programados como bots) (Arnau, 2018), de forma que la atención del usuario por los riesgos y elementos de protección se extienda a otras personas en su entorno, para no dañarlos si están realizando alguna actividad peligrosa (soldadura, corte, manejo de maquinaria o material pesado, etc), o ser dañados por ellos.

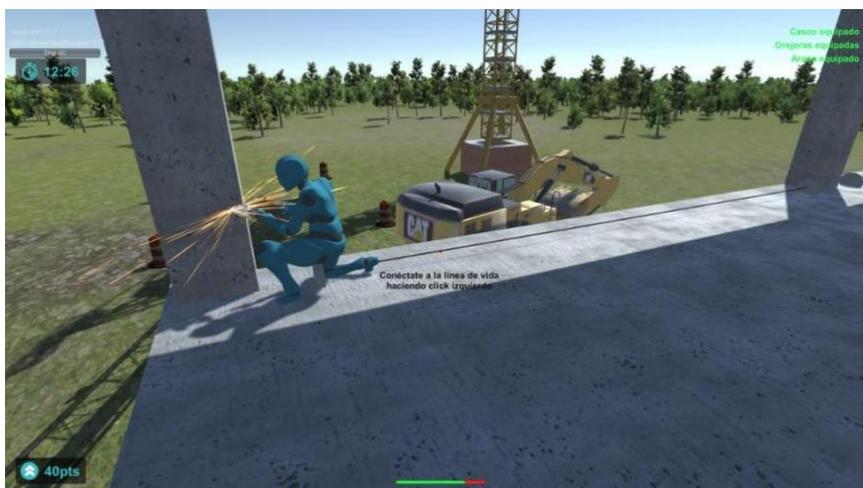


Figura 12. Trabajador y maquinaria que forma parte del escenario a considerar. (Arnau, 2018)

La segunda manera de incorporar a otras personas es que también sean usuarios del mismo escenario de realidad virtual, lo que en videojuegos se conoce como experiencias multijugador. Esta modalidad multiplica significativamente la casuística de uso y formatos de aprendizaje, permitiendo, por ejemplo: (a) escenarios simultáneos para el técnico prevencionista y el trabajador o trabajadores; (b) explorar, desde el punto de vista formativo, el contraste entre estrategias colaborativas frente a competitivas, etc.

Esta funcionalidad, además, es una herramienta muy potente para el desarrollo de diversas narrativas. Las figuras 13 y 14 muestran el esquema básico cliente-servidor y el aspecto de las pantallas simultáneas para dos participantes.

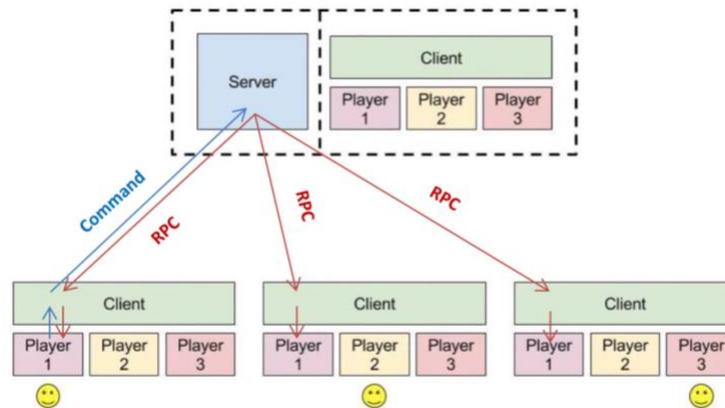


Figura 13. Esquema básico de la relación entre el servidor y los clientes (los participantes de la experiencia) (Arнау, 2018).



Figura 14. Dos personajes y dos puntos de vista para la misma experiencia RV (Arнау, 2018).

Incorporación de narrativas (storytelling) a las experiencias de realidad virtual

Todos los elementos descritos constituyen el andamiaje de las experiencias de realidad virtual. Sin embargo, son componentes aislados sin conexión entre ellos. Para el diseño de un aprendizaje significativo se requiere de un diseño consciente de la secuencia completa de acciones e historias, lo que se engloba bajo el término de narrativa (storytelling).

De acuerdo con la propuesta descrita en la anterior sección, para el diseño de esta solución, se distinguen tres niveles:

- (a) un árbol de relaciones causa-efecto, que establezca una conexión entre las tareas a realizar por el trabajador, los riesgos asociados y las consecuencias de una mala (o buena) praxis en la ejecución de la actividad;
- (b) una capa de ludificación, en forma de pérdida de salud, modificación sobre las habilidades o puntuación, según la manera de realizar la tarea; y
- (c) una traducción de este árbol de relaciones causa-efecto a máquinas de estado para su programación en la plataforma de creación de experiencias de realidad virtual.

La intención es que este proceso sea parametrizado por el técnico prevencionista, en función de sus objetivos formativos, como se ilustra en (Carratalá Mariblanca, 2019).

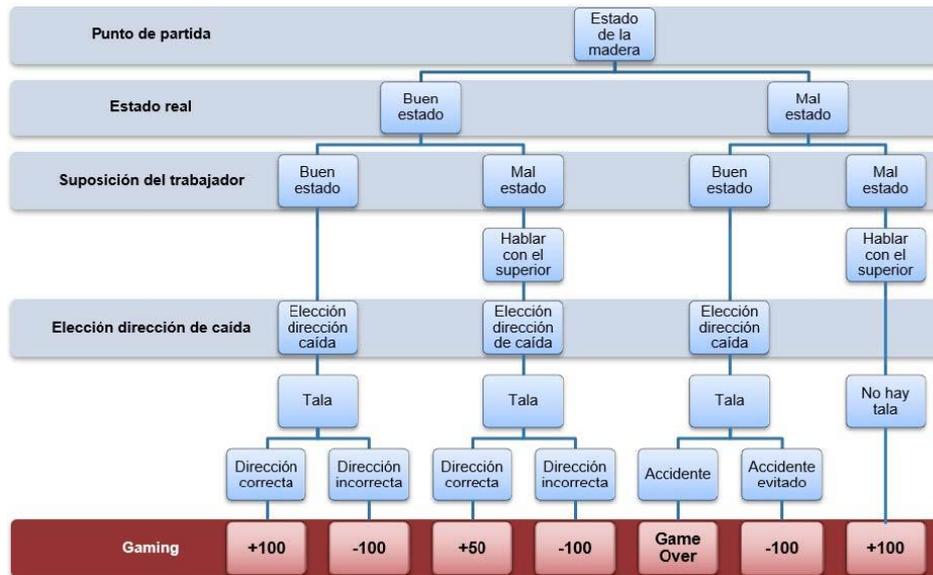


Figura 15. Árbol de situaciones que representan un caso simplificado de un talador con la puntuación asociada a la capa de ludificación (Carratalá, 2019)

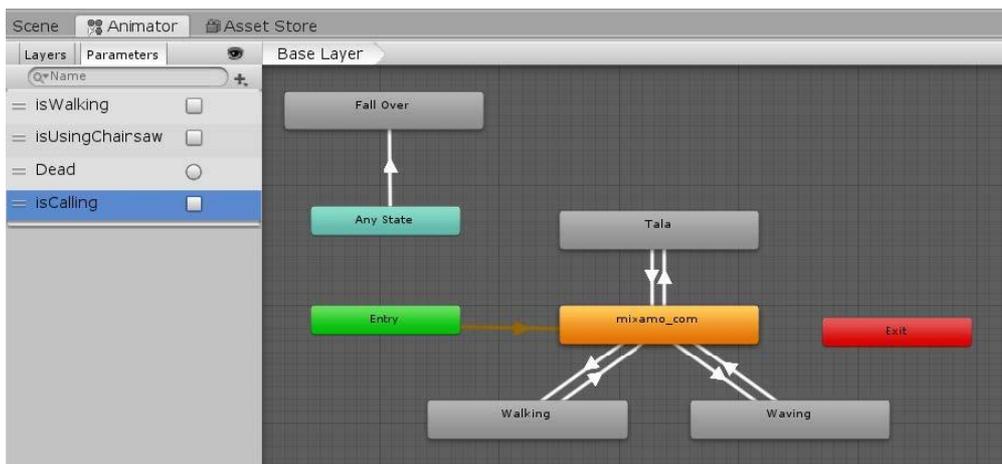


Figura 16. Correspondencia del árbol de situaciones con la máquina de estados de la plataforma RV (Carratalá, 2019)

Estas relaciones podrían considerarse las piezas básicas, fundamentos, que permiten la creación de toda la experiencia formativa de realidad virtual. Serían el equivalente con las secuencias o escenas para medios como el cine o los videojuegos. La extensión de estas relaciones al nivel global (la narrativa o storytelling) puede realizarse siguiendo la estructura propuesta por las técnicas más tradicionales (desencadenante, conflicto, puntos de giro, clímax, resolución), que proporciona un primer esquema secuencial, y herramientas más sofisticadas para la creación de historias interactivas no lineales.

La Figura 17 muestra un mapa con los elementos y flujos de trabajo para el desarrollo sistemático de narrativas en la creación de experiencias de realidad virtual. El relato se articula vía sus contenidos (en el cajetín de la izquierda) y elementos narrativos clásicos. El primero se completa mediante la recopilación estructurada de relatos sobre accidentes, desde la perspectiva de quienes presenciaron estas experiencias, lo que se desgrana en todos sus componentes: contexto, relaciones causa-efecto de los accidentes, aspectos emocionales y singularidades debidas al factor humano.

El segundo sigue una estructura similar a la de creación de ficciones: mensaje, conflicto, planteamiento, nudo y desenlace. Estos componentes se estandarizan, categorizan e integran en los elementos de contexto relatado (roles, personajes, entornos, causas, etc) que derivan en un flujo que determina las variables necesarias a implementar en realidad virtual: escenarios, personajes, accidentes, árboles de decisiones.

Por último, las necesidades formativas de la prevención se organizan en base a diferentes secciones del relato de storytelling (planteamiento, complicación, clímax, resolución y aprendizaje). La estandarización de elementos de contexto permite obtener un conjunto de escenarios y herramientas sobre el entorno virtual, los que se utilizan para dar vida al relato expuesto en las diferentes secciones de la historia, en ciclos iterativos de pruebas de riesgo. La Figura 18 muestra un conjunto de relaciones causa-efecto a modo de ejemplo de implementación (Soldevila, 2020).

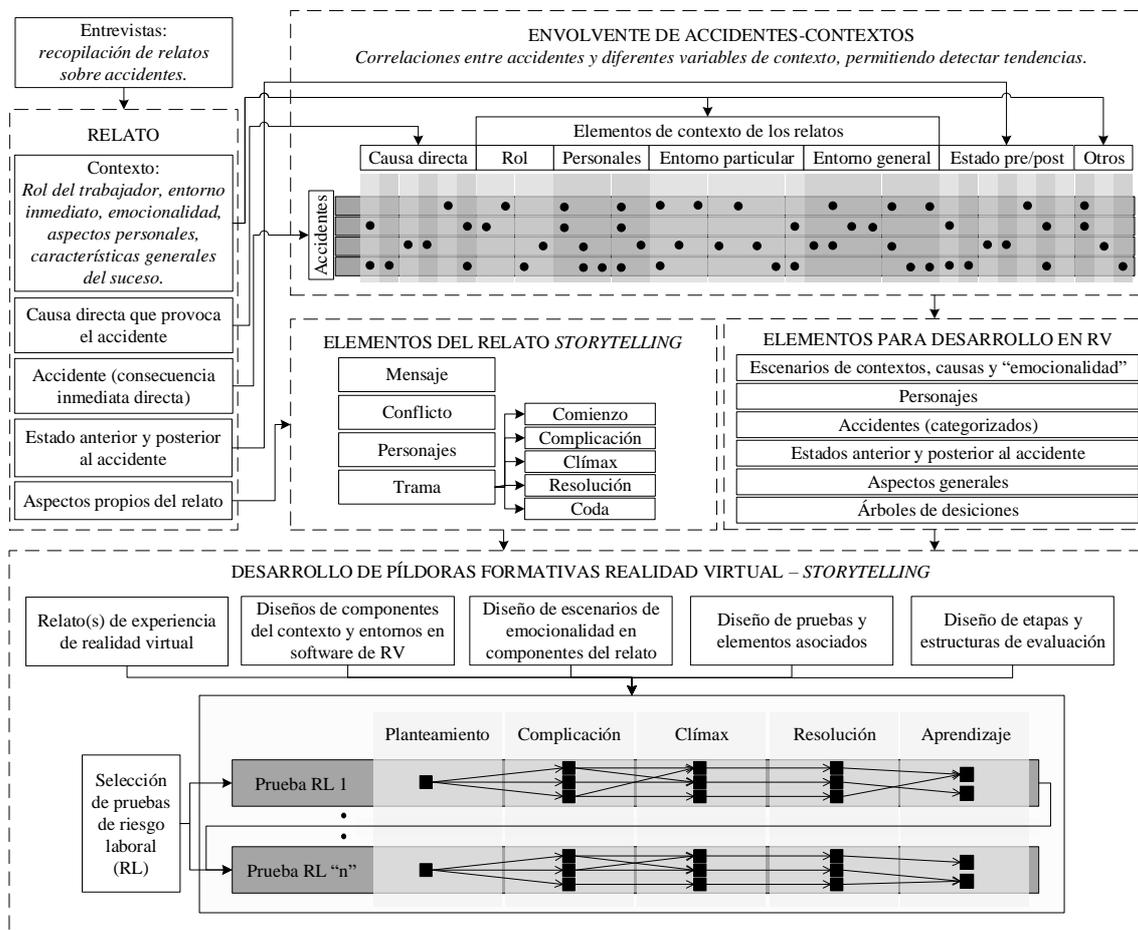


Figura 17. Mapa para el desarrollo de narrativas para experiencias formativas en realidad virtual para la construcción (elaboración propia).

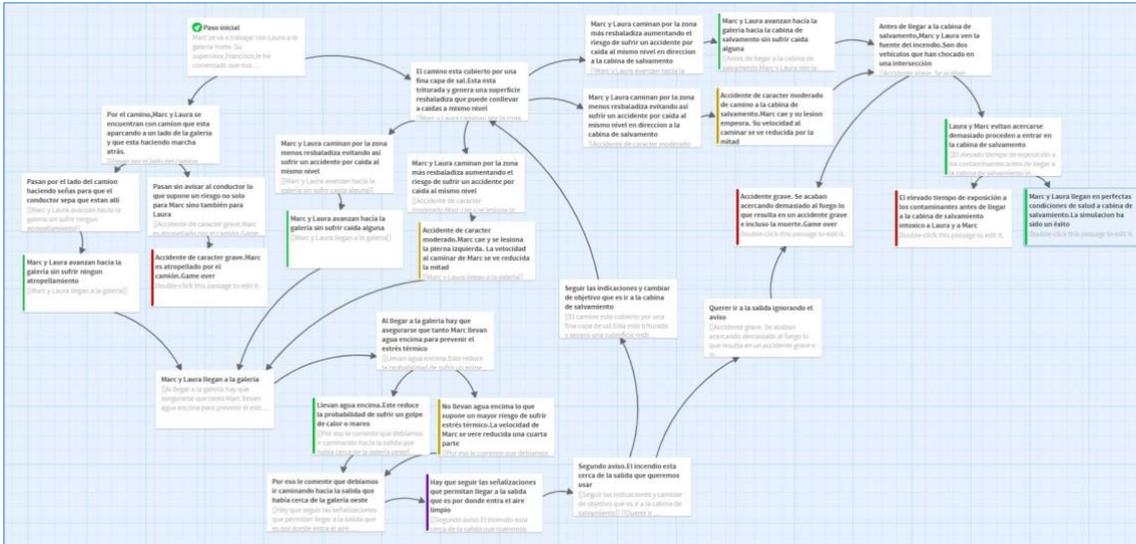


Figura 18. Evolución de las relaciones causa-efecto hacia una narrativa (storytelling) empleando la herramienta Twine para la generación de ficciones interactivas (Soldevila, 2020)

Para agilizar el proceso, este árbol puede sistematizarse en la plataforma de creación de la experiencia mediante un esquema de árbol que incluya como parámetros la relación de cada riesgo con sus consecuencias y determinadas condiciones, como se muestra en la Figura 19.

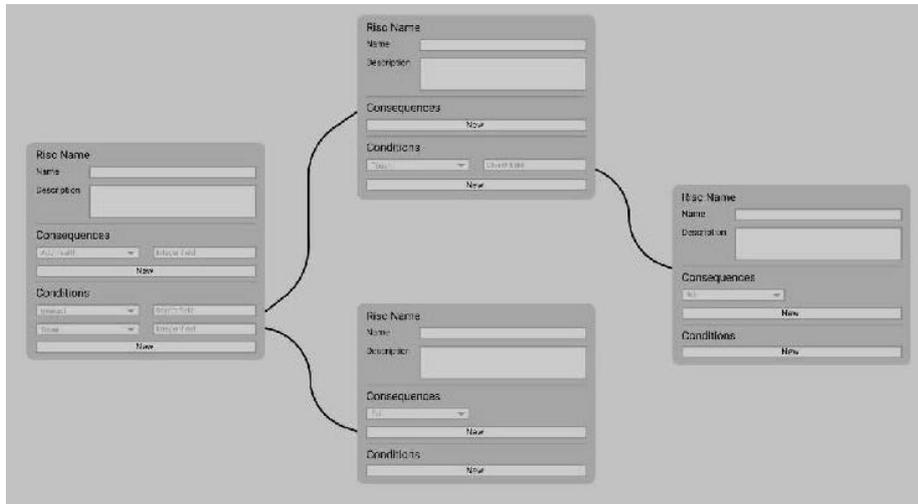


Figura 19. Esquema conceptual de la estructura genérica para la programación de la narrativa (storytelling), basada en Unity3D® (elaboración propia).

Conclusiones

A través de la implementación de diversas experiencias de realidad virtual orientada a la formación en prevención de riesgos laborales puede concluirse que:

- La tecnología de realidad virtual se encuentra suficientemente madura como para la creación de experiencias formativas para profesionales de la construcción con tiempos de desarrollo cada vez menores gracias a las herramientas disponibles desde el ecosistema BIM y a su creciente compatibilidad e interoperabilidad;

- Mediante esta tecnología, resulta tecnológicamente factible la evolución de la formación en prevención desde simples recorridos virtuales hacia narrativas complejas similares a las disponibles para la ficción, en la industria del cine o del videojuego;
- Para la implementación práctica de estas experiencias, de forma que puedan ser herramientas rutinarias y adaptadas a cada obra, se requiere del desarrollo de nuevas metodologías, procedimientos y herramientas de programación que faciliten la automatización de todo el proceso.

Bibliografía

AcceleratingBiz. (27 de Diciembre de 2017). AR/VR development rapidly picked up between 2010 and 2017 as big tech firms significantly invested in hardware and software releases. Augmented and Virtual Reality Timeline. Recuperado el 21 de 05 de 2020, de <https://acceleratingbiz.com/proof-point/augmented-and-virtual-reality-timeline/>

AcceleratingBiz. (21 de 05 de 2020). AR/VR development rapidly picked up between 2010 and 2017 as big tech firms significantly invested in hardware and software releases. Augmented and Virtual Reality Timeline. Obtenido de <https://acceleratingbiz.com/proof-point/augmented-and-virtual-reality-timeline/>

Arnau, M. (2018). Virtual Reality to Enhance Safety and Health in Construction. Trabajo final de grado, Grado en Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Catalunya.

Bassanino, M., Wu, K.-C., Yao, J., & Khosrowshahi, F. (2010). Virtual Reality on Visualisation for a Design Review in Construction . 14th International Conference Information Visualisation. London.

Carratalá Mariblanca, A. T. (Junio 2019). Automatización del diseño de experiencias de Realidad Virtual para la Prevención de Riesgos Laborales. Barcelona: Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Csikszentmihalyi, M. (1975). Beyond Boredom and Anxiety (The Jossey-Bass Behavioral Science Series). San Francisco: CA: Jossey-Bass.

Din, Z., & Jr, G. (2019). Serious games for learning prevention through design concepts: An experimental study. Safety Science, 176–187.

Fundación Laboral. (14 de Junio de 2019). Fundacion Laboral: El sector de la construcción cuenta con una nueva aplicación desarrollada por la Fundación Laboral que integra la prevención en BIM. Recuperado el 21 de 05 de 2020, de <https://www.fundacionlaboral.org/actualidad/noticias/fundacion/prevencion-de-riesgos-laborales>

Fundación Laboral. (21 de 05 de 2020). Fundacion Laboral: El sector de la construcción cuenta con una nueva aplicación desarrollada por la Fundación Laboral que integra la prevención en BIM. Obtenido de <https://www.fundacionlaboral.org/actualidad/noticias/fundacion/prevencion-de-riesgos-laborales>

Gao, Y., González, V. A., & Yiu, T. W. (2020). Exploring the Relationship between Construction Workers' Personality Traits and Safety Behavior. Journal of Construction Engineering and Management, 146(3).

Gao, Y., Gonzalez, V., & Yiu, T. (2019). The effectiveness of traditional tools and computer-aided technologies for health and safety training in the construction sector: A systematic review. Computers & Education, 101–115.

González, L., Ibarra, I., Martín, B., Orenes, J., Macián, A., Adolfo, G., & Morente, A. (2017). Metodología del árbol de causas y realidad virtual . ORP Conference 2017. Buenos Aires.

Kassem, M., Benomran, L., & Teizer, J. (2017). Virtual environments for safety learning in construction and engineering: seeking evidence and identifying gaps for future research. *Visualization in Engineering*, 1–15.

Kim, J., Ritter, F., & Koubek, R. (2013). An integrated theory for improved skill acquisition and retention in the three stages of learning. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*.

Le, Q. T., Lee, D. Y., & Park, C. S. (2014). A social network system for sharing construction safety and health knowledge. *Automation in Construction*, 1–8.

Li, X., Yi, W., Chi, H., Wang, X., & Chan, A. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 150–162.

Ludus. (2020). Realidad Virtual para la formación en empresas. Obtenido de <https://ludusglobal.com/>
Meliá, J. (2007). El factor humano en la seguridad laboral. *Psicología de la Seguridad y Salud Laboral*. Bilbao: Lettrera Publicaciones.

Muñoz-La Rivera, F., Vielma, J., Herrera, R. F., & Carvallo, J. (2019). Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SEC). *Advances in Civil Engineering*.

NIOSH. (2005). Tell me a story: Why stories are essential to effective safety training. Report of Investigations 9664.

Pedro, A., Le, Q., & Park, C. (2016). Framework for Integrating Safety into Construction Methods Education through Interactive Virtual Reality. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 1-10.

Radu, T., Vlad, M., Dragan, V., & Basliu, V. (2013). Occupational risk management in industry. *The annals of "dunarea de jos" university of galati*, 34-38.

Rebollo, S. (2017). Realidad Virtual para la Formación de PRL en la Construcción. Trabajo final de grado, Grado en Ingeniería de Obras Públicas, Universidad Politécnica de Catalunya.

Rebollo, S. (2017). Realidad Virtual para la Formación de PRL en la Construcción. Trabajo final de grado, Grado en Ingeniería de Obras Públicas, Universidad Politécnica de Catalunya.

Rigol, A. (2017). Posibilidades de la Realidad Virtual para la prevención de riesgos laborales en el sector de la construcción. Trabajo final de grado, Grado en Ingeniería de Obras Públicas, Universidad Politécnica de Catalunya.

Rojas, E. (2020). Formación de técnicos en PRL para sus visitas de inspección mediante experiencias de realidad virtual. Trabajo Final de Master, Master en Ingeniería Estructural y de la Construcción, Universidad Politécnica de Catalunya.

Saleh, J. H., & Pendley, C. (2012). From learning from accidents to teaching about accident causation and prevention: Multidisciplinary education and safety literacy for all engineering students. *Reliability Engineering and System Safety*, 105-113.

Soldevila, J. (2020). Formación para trabajadores cualificados en minería mediante narrativas integradas a experiencias de realidad virtual. Trabajo final de master, Doble Máster en Ingeniería del Terreno e Ingeniería de Minas, Universidad Politécnica de Catalunya.

Spri. (21 de 05 de 2020). Ludus crea un simulador en realidad virtual para prevenir caídas en altura. Obtenido de <https://www.spri.eus/es/euskadinnova/ludus-crea-un-simulador-en-realidad-virtual-para-prevenir-caidas-en-altura/>

Teizer, J. (2016). Right-time vs real-time pro-active construction safety and health system architecture. Construction Innovation, 253–280.

Woodward, C., Hakkarainen, M., Korkalo, O., Kantonen, T., Aittala, M., Rainio, K., & Kähkönen, K. (2010). Mixed Reality for Mobile Construction Site Visualization and Communication. Proceedings of 10th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR). Sendai.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España (MICIU) a través del proyecto BIMloTICa (RTC-2017-6454-7) y mediante la financiación de los estudios de doctorado de Felipe Muñoz-La Rivera por el CONICYT - PCHA/International Doctorate/2019-72200306.

Innovación

Tecnología en ergonomía: dispositivo para la detección temprana de desvíos angulares críticos de la muñeca

María Noé Fonseca^{1*}, Leonidá Ávila Torresin²; Nicolás Peralta¹; Sebastián Antolloni¹; María Chesta¹; Marcelo Fernández¹; Laura Colubriale¹; Diego Mendoza²; Pablo A. Foltyn²; Luis Seva²

*Corresponding author: mfonseca@lasegunda.com.ar

¹Grupo Asegurador La Segunda

²Flexbit

Abstract

El presente proyecto propone brindar un servicio de acompañamiento innovador y diferencial a nuestros clientes en materia de ergonomía.

El objetivo de este estudio fue desarrollar un Wearable Inteligente: Dispositivo basado en sensores inalámbricos conectados a Internet, con un sistema de procesamiento de datos que permita emitir alertas frente a la identificación de ángulos críticos en el segmento muñeca, con el propósito de eliminar la subjetividad de la observación del ojo humano y prevenir la aparición temprana de signos y síntomas que pudieran derivar con el tiempo en el desarrollo de una enfermedad profesional accionando directamente sobre los desvíos detectados y las condiciones del trabajo.

El dispositivo permite detectar los ángulos críticos de la muñeca en tiempo real y a partir de esto, corregir las posturas inadecuadas en las cuales incurre el trabajador ya sea por el requerimiento del proceso o por sus propios vicios posturales en la actividad. Bajo este formato se podrían realizar análisis posturales precisos en donde la sola detección del desvío implicaría la intervención y corrección directa del mismo.

Los datos aportados mediante este sistema, y su análisis más específico, permitirán la toma de decisiones compatibles con los límites razonables entre la capacidad de las personas y las exigencias de las tareas, a fin de mejorar las condiciones de Salud y Seguridad de los trabajadores.

Su diseño tecnológico fue ideado con la posibilidad de ampliar su ámbito de aplicación hacia otros segmentos corporales, como también, la inclusión de otras variables a relevar.

Palabras clave

Ergonomía, Prevención, Enfermedad profesional

Introducción

Según informes de la OIT, los trastornos musculo esqueléticos son la segunda causa de absentismo a nivel mundial luego de los estados gripales. Esta situación afecta directamente la productividad de las Organizaciones impactando en los resultados económicos de las empresas clientes y Aseguradoras de Riesgos del Trabajo.

Sabemos que la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, y la obtención de los niveles óptimos de rendimiento, sólo son posibles si el equipo, los lugares de trabajo, los productos y los métodos de trabajo se diseñan en función de las posibilidades y limitaciones humanas, es decir, aplicando los principios de la ergonomía.

En el año 2003 nace en Argentina la Resolución del MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO y SEGURIDAD SOCIAL (M.T.E. y S.S.) N° 295, la cual reconoció a los Trastornos Músculo Esqueléticos (TME) relacionados con el trabajo como un problema importante de salud laboral que puede gestionarse utilizando un programa de ergonomía integrado para la salud y la seguridad. 12 años después la SUPERINTENDENCIA DE RIESGOS DEL TRABAJO promulgó la Resolución N° 886/15 como herramienta básica para la prevención de los TME. Esta normativa tiene por objeto definir los protocolos de identificación de peligros ergonómicos, su clasificación en los puestos como también la definición y seguimiento de las acciones preventivas de los riesgos detectados.

Esta Resolución propone una metodología basada en la observación humana, lo que puede incidir en la calidad de los datos obtenidos y, consecuentemente, en la definición del alcance y eficacia de las medidas preventivas a adoptar en los puestos de trabajo para la prevención de TME, como también, en los riesgos declarados para una adecuada vigilancia médica.

Uno de los principales desafíos frente a la aplicación de estos protocolos y evaluaciones ergonómicas es la reducción de la observación subjetiva, a su mínima expresión, volcando datos objetivos y cuantitativos en el análisis del puesto de trabajo.

Para responder al desafío descrito y al contexto de competitividad en el mercado Argentino en la búsqueda de soluciones innovadoras, LA SEGUNDA ART decide comenzar a desarrollar propuestas tecnológicas bajo el concepto de INSURTECH (INSURANCE + TECHNOLOGY, por sus siglas en inglés) poniendo foco en la gestión preventiva y en la salud de los trabajadores.

Luego de realizar una hackatón en el que se convocó a Startups tecnológicas a competir en la presentación de soluciones para la industria y seleccionar las ganadoras, se procedió a construir la propuesta de “Un Wearable para la detección temprana de lesiones musculares” ideada por la empresa FLEXBIT.

La solución está compuesta por sensores inalámbricos conectados a internet para medir la criticidad angular de los movimientos de la muñeca y una plataforma de software para el análisis de los movimientos.

La tecnología construida se probó en la Industria Automotriz y en puestos de trabajos operativos en LA SEGUNDA. La experiencia en estos escenarios reales permitieron mejorar los algoritmos de los sensores, la interfaz de software y los requerimientos de negocio.

Metodología

Los días 28 y 29 de Julio de 2018 en el Centro de Convenciones de City Center Rosario se llevó a cabo la primera Hackatón del sector seguros de Argentina organizada por el GRUPO ASEGURADOR LA SEGUNDA. En la misma participaron más de 20 equipos interdisciplinarios, compuestos por jóvenes programadores, diseñadores, marketers y entusiastas de las nuevas tecnologías, creando soluciones de software e ideas de negocios en la industria de los seguros (Insurtech) y el agro.

En la vertical insurtech la idea ganadora fue desarrollada por FLEXBIT: Startup Argentina dedicada al desarrollo de dispositivos inteligentes conectados a internet.

La idea ganadora fue el desarrollo de un Dispositivo electrónico e Inalámbrico, para la captura y registro de movimientos realizados por la mano y la muñeca del cuerpo humano.

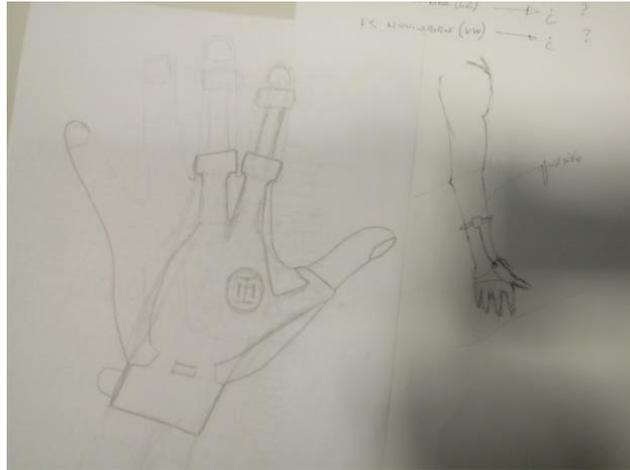


Figura 1. Imagen del prototipo diseñado a mano alzada

ETAPAS DEL PROYECTO:

Fase 0: CURACIÓN DE LA IDEA.

Presentación de la Problemática:

Los gestos repetitivos y/o posiciones forzadas en miembros superiores, durante el desempeño de las tareas laborales habituales, pueden provocar paulatinamente fatiga, dolor, impotencia funcional, desarrollándose con el tiempo una enfermedad profesional. Estas dolencias provocan una disminución de la productividad y son causales de incapacidades laborales temporales en las empresas.

La normativa legal Argentina exige el cumplimiento de protocolos de evaluaciones ergonómicas basados en la observación humana, los cuales pueden resultar de mayor o menor calidad en base a la experiencia del observador.

Propuesta:

“Brindar un servicio de acompañamiento innovador y diferencial en materia de ergonomía a nuestros clientes, mediante el desarrollo de un wearable inteligente, dispositivo basado en sensores inalámbricos conectados a Internet, con un sistema de procesamiento de datos que permita emitir alertas cuando se identifiquen ángulos críticos en el segmento muñeca.”

Definición del alcance: Segmento muñeca.

Beneficios:

En las empresas Clientes:

- Acompañamiento en la prevención del riesgo ergonómico → Aportando información de calidad y precisión en los análisis ergonómicos de la empresa para la definición de medidas preventivas. Y por ende lograr la disminución de la siniestralidad laboral.
- Optimización de los recursos dedicados a prevención pudiendo tomar decisiones más acertadas y de mayor precisión.
- Disminución de dolencias en muñeca para el trabajador.
- Disminución de los días de Incapacidad Laboral Temporarias. Lo cual indirectamente mejora la productividad de las organizaciones.

- Al cuidar al trabajador garantiza la calidad en la realización de las tareas productivas.

La Segunda ART:

- Mejora en la calidad de la información brindada.
- Ser socios en la estructura de costos del cliente (al disminuir su estructura de costos con un riesgo mejor declarado).
- Posicionamiento diferencial al brindar un servicio único.
- Ofrecer una experiencia diferencial de prevención entre la suscripción y el siniestro.
- Mejora la imagen de nuestra marca.
- Incursionar en nuevos nichos de mercado / nuevos perfiles de cliente.

Entorno de uso: inicialmente en Industria automotriz y realización de pruebas internas en casa central de LA SEGUNDA ART.

Fase 1: DISEÑO DE PROTOTIPO 1.0.

El objetivo de esta etapa fue el diseño de un dispositivo electrónico capaz de obtener datos que pudieran eliminar la subjetividad, de alguno de los factores que intervienen en la génesis de una patología Osteo-muscular, y obtener así alertas sobre la criticidad angular en el segmento muñeca.

Con este fin, las preguntas que nos realizamos fueron las siguientes: ¿Cómo podemos obtener datos certeros de forma electrónica de un movimiento Osteo-muscular? Y ¿Cómo podemos traducir la lectura electrónica en este dato para poder aplicarla al análisis/ evaluación de un riesgo ergonómico? y nos propusimos lo siguiente:

Objetivo:

Para el segmento muñeca, disponer de registros digitales de los movimientos con un sistemas de alertas basado en los parámetros de criticidad angular.

Iniciamos un análisis de las posturas y movimientos de la muñeca a fin de poder identificar las características de medición:

Para la definición de los movimientos nos basamos en los siguientes movimientos y posiciones adoptadas por el segmento muñeca:

- Posición neutra.
- Desviación Cubital.
- Desviación Radial.
- Flexión palmar.
- Extensión dorsal.

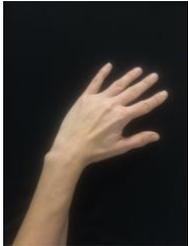
Posteriormente se definió la medición de Criticidad Angular de los siguientes movimientos:

	Posición	Sentido angular
	Neutra	0°
	Ángulo Crítico	No aplica

	Movimiento	Sentido angular
	Flexión Palmar	0 a 90° (amplitud de articulación de 100%)
	Ángulo Crítico (postura forzada)	>45°

	Movimiento	Sentido angular
	Extensión Dorsal	0° a 90° (amplitud de articulación de 100%)
	Ángulo Crítico (postura forzada)	>45°

	Movimiento	Sentido angular
	Desvío cubital	0° a 40° (amplitud de articulación de 100%)
	Ángulo Crítico (postura forzada)	20°

	Movimiento	Sentido angular
	Desvío radial	0° a 30° (amplitud de articulación de 100%)
	Ángulo Crítico (Postura forzada)	15°

Además, en esta fase, se definieron las características de diseño de software y hardware necesarios para la construcción del prototipo a desarrollar destacándose la selección de tecnología inalámbrica para la recolección de los datos.

En esta etapa, si bien se relevó la importancia de contar con la filmación del puesto durante las mediciones, consideramos como aceptable para el desarrollo del producto mínimo viable realizar la filmación de manera independiente y en paralelo al dispositivo.

Fase 2: DESARROLLO DEL PRODUCTO MÍNIMO VIABLE (VPM)- Prototipo 1.1.

Luego de la definición del sensado se procedió a su construcción realizando pruebas internas de laboratorio y revisión del Hardware y software.

Hardware

Para el desarrollo de este prototipo se propuso la medición de ángulos, velocidades y altura desarrollado sobre una solución estilo wearable colocada en la muñeca con un pequeño sensor colocado en el dorso de la mano.

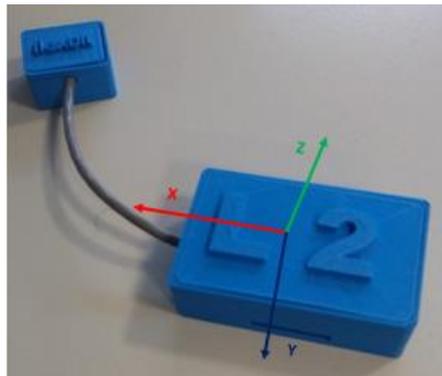


Figura 2. Imagen del primer prototipo

El sistema fue compuesto por las siguientes etapas:

- Kernel: Microcontrolador principal y comunicaciones
- IMU: Unidad de medición de inercia
- Barómetro: Sensado de presión relativa
- Etapa de potencia: Control de batería

Comunicaciones:

Se planteó un esquema de Host - Device. Es decir un esquema donde el dispositivo wearable se comunique con un host conectado a una Pc.



Figura 3. Esquema de comunicaciones

Actualmente se manejan dos esquemas de comunicación distintos y se está evaluando la performance de cada uno para su selección. Los posibles protocolos son:

- Bluetooth.

- Mesh WiFi.

Software

El diseño inicial de la solución contemplaba el despliegue de la misma en uno o varios contenedores Docker, sin embargo se desestimaron debido a las complicaciones que podría ocasionar durante la instalación y configuración en la PC de los usuarios.

Definición funcional

REGISTRO Y DESPLIEGUE DE DATOS

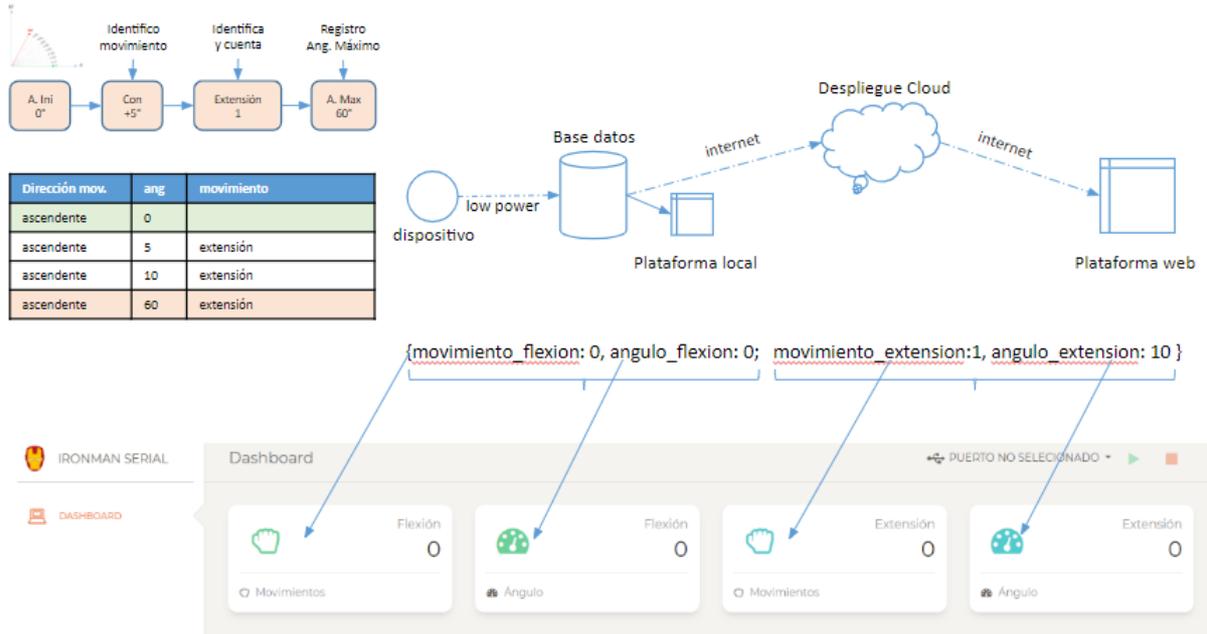


Figura 4. Registro y despliegue de datos

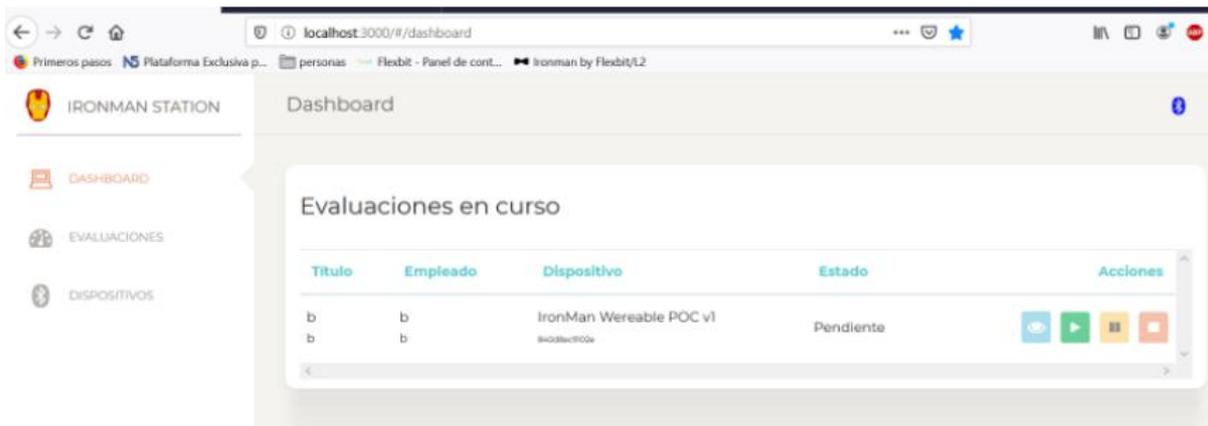


Figura 5. Listado de evaluaciones

Fase 3: EXPERIENCIA CON EL CLIENTE Y REALIZACIÓN DE PRUEBAS INTERNAS

En diciembre de 2019 se iniciaron las pruebas de laboratorio en el establecimiento de Cliente Estratégico:

Tipo de Industria: Automotriz.

Realización de pruebas:

- El lugar designado para la realización de pruebas fue el área de formación y entrenamiento de los trabajadores para la fabricación de sus vehículos, ámbito en el cual se concreta la simulación de fabricación de vehículos.
- La tarea seleccionada para el entorno de pruebas fue el proceso de “Armado de puertas”.
- Se relevó el proceso seleccionando la tarea de “colocación de coliza” como la más crítica para el segmento muñeca. La selección de esta tarea fue validada por el médico y el ergónomo de la planta industrial.
- Para la realización de las pruebas se contó con la participación de un operario calificado de la línea de producción.
- La primera actividad en terreno fue la observación del puesto para la identificación y
- Se dio inicio a las mediciones con el dispositivo, el cual consistió en un registro automático de los movimientos sujetos a los parámetros previamente establecidos.
- En paralelo al dispositivo se efectuaron los estudios de tiempos y observación humana de los movimientos a fin de verificar el adecuado funcionamiento del dispositivo de prueba.
- Para la observación humana se utilizaron planillas para el registro manual de los movimientos y estudios de métodos y tiempo.
- En esta etapa de pruebas se analizó la calidad de respuesta de los datos aportados por el prototipo. Los datos manuales y digitales fueron comparados para validar el método digital de registro de movimientos

Descripción detallada de la prueba:

Para la realización de pruebas, se contó con el acompañamiento de un operario con más de 6 años de experiencia en armado de puertas.

Previo al uso de la tecnología, se le explicó al operario en qué consistía la prueba y el objetivo de la misma

Procedimiento de utilización Wearable

- Colocación del Wearable en la mano hábil del operario el cual se protegió con un “cubre reloj
- Colocación de los guantes de trabajo
- Ubicación del sensor para detectar los movimientos debajo del guante
- Encendido del dispositivo

Ejecución de secuencia de armado sensada

- Tomar y lubricar coliza
- Desplazarse hacia la puerta
- Colocar coliza
- Desplazarse a estantería
- Tomar trapo con solvente
- Desplazarse hacia la puerta
- Limpiar panel
- Dejar trapo en puesto

La prueba consistió en contrastar las mediciones obtenidas de la observación humana respecto a la del dispositivo. El procedimiento se repitió 5 (cinco veces)

Ubicado el operario en el puesto, el equipo de trabajo se organizó en 2:

1. Contabilización de movimientos por observación
2. Control de operaciones tecnológicas

Actividades equipo 1: provistos de hojas y lápiz, observaron los movimientos de la mano y documentaron cada observación con un "Punto" en la hoja para su posterior conteo

Actividades equipo 2: supervisión de conectividad, transmisión de datos y registro en la plataforma durante la operación de "Colocación de coliza delantera"

La toma de registros, estudio de métodos y tiempos, fue llevado a cabo por un equipo de estudiantes avanzados en la carrera de ingeniería industrial mediante el modelo de prácticas supervisadas.

Por políticas internas de confidencialidad en la producción industrial no se pudieron realizar filmaciones o tomar fotografías de las pruebas realizadas.

Pruebas internas realizadas:

Locación: Rosario - Casa central de LA SEGUNDA ART.

Actividad laboral: Centro de recepción y organización de documentación.

Actividad: Organización de la documentación con lector.

Cantidad de trabajadores asignados a la prueba: 1

Procedimiento:

- Colocación del dispositivo en la mano hábil del trabajador.
- Inicio de plataforma.
- Inicio de actividad organización de datos.
- Inicio (en paralelo) de la filmación del puesto.
- Identificación de oportunidades de mejora y ajustes.

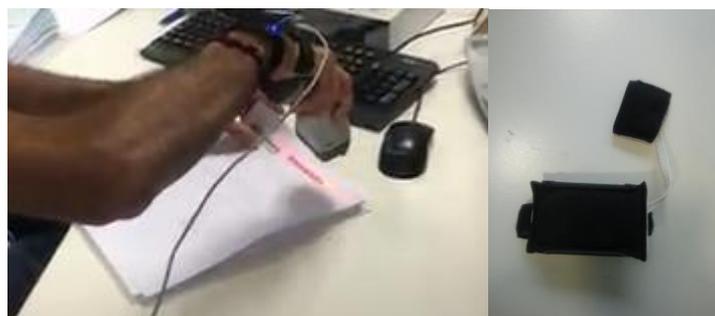


FIGURA 6 Y 7. Tarea de escaneo de documentación

Fase 4: AJUSTES

Las pruebas internas brindaron la posibilidad de realizar los ajustes necesarios permitiendo interrelacionar las pruebas de laboratorio con su utilización en un escenario real, lo cual, permitió identificar las correcciones necesarias de los algoritmos de procesamiento de sensores y desarrollo del software.

Con el objeto de aportar una metodología de comprobación rápida que facilite la experiencia de identificación inicial de los movimientos críticos, se procedió a parametrizar la criticidad angular definiéndose el criterio de alertas mediante un sistema de semaforización segmentado de la siguiente manera:

Para cada uno de los movimientos en estudio, se respetaron los límites propuestos por la norma IRAM-ISO 11228:2018 Parte 3, definiendo como regla:

- Verde: Segura: Movimiento comprendidos por los ángulos en posición neutra y hasta el 49% de la posición forzada.
- Amarilla: De criticidad para profundizar su análisis: Movimientos identificados entre el 50% al 99% del ángulo crítico definido (posición forzada)
- Roja: Muy críticas: Movimientos con ángulos mayores al 100% de la posición forzada.

Una vez validados los ajustes tecnológicos se definieron las especificaciones de diseño, las cuales también fueron analizadas con el cliente siendo las definiciones más relevantes las siguientes:

- A fin de prevenir riesgos de enganches, se definió la colocación de un cobertor (tipo cubre reloj).
- Reducción de la altura del gabinete.
- Eliminar accesorios metálicos expuestos.
- No debe obstruir el movimiento de la articulación.
- Debe ser liviano.
- Ajustable a muñecas pequeñas y grandes.
- El grado de protección IP aceptable.
- Consulta a especialista en diseños industriales.
- Visualización de datos sencilla y clara (sin lugar a dudas en la interpretación).

Las acciones disponibles del Prototipo 2.0:

- 1) Iniciar medición y valoración.
- 2) Visualizar valoración semaforizada.
- 3) Pausar medición/evaluación.
- 4) Finalizar medición/evaluación.

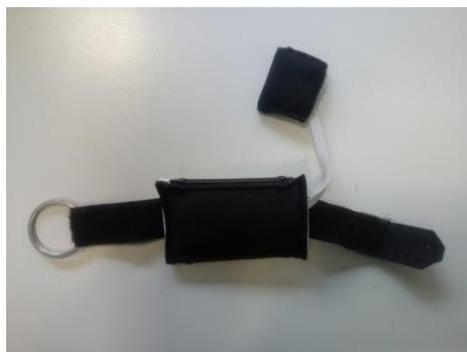


Figura 8. Prototipo

Fase 5: ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

En base a las pruebas realizadas en laboratorio, se validaron los resultados obtenidos en la experiencia con el cliente por su equipo de profesionales compuesto por el Médico Laboral y un especialista en ergonomía.

Puertas adentro se continuaron realizando pruebas en el ámbito de FLEXBIT-LA SEGUNDA ART para la optimización de los resultados en una plataforma web que permita contar con la información en línea y ofrecer una semaforización respecto de los movimientos y su criticidad angular.

Para validar la medición angular de los sensores se realizaron pruebas con goniómetro a fin de comparar los resultados arrojados por el dispositivo.

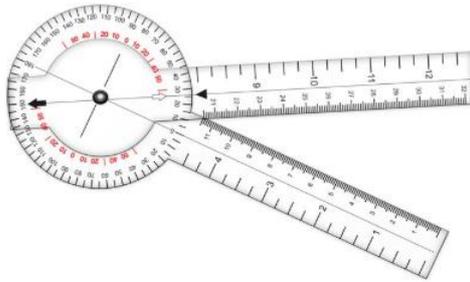


Figura 9



Figura 10

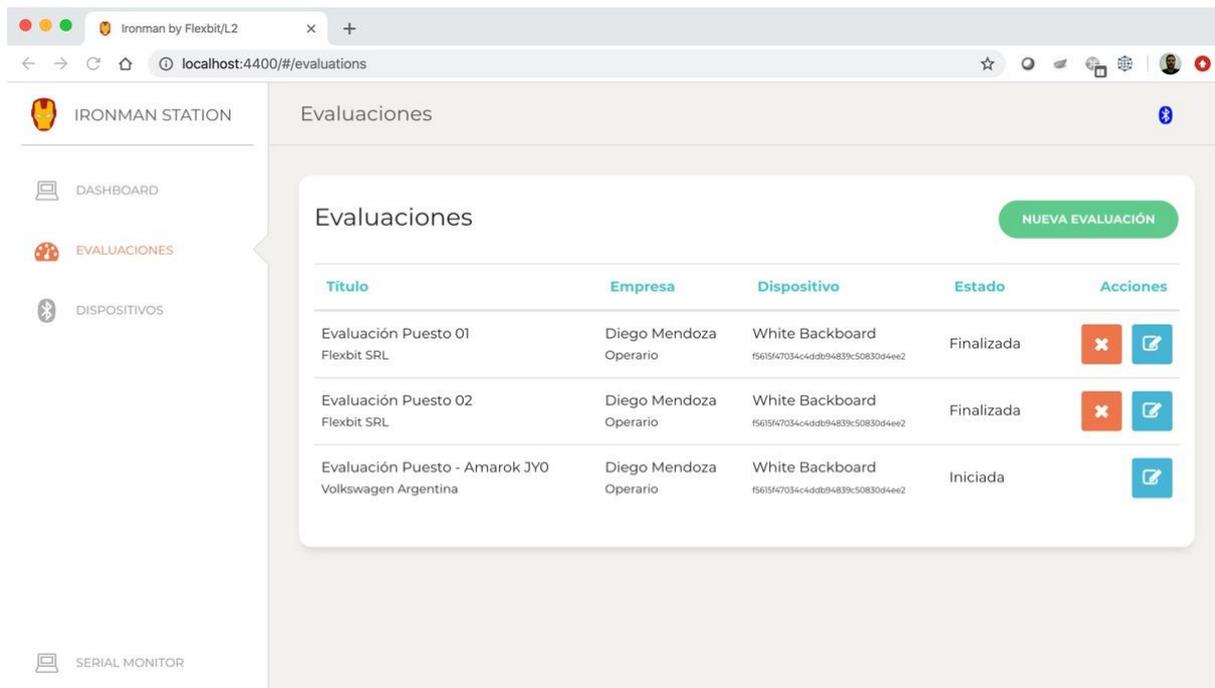


Figura 11

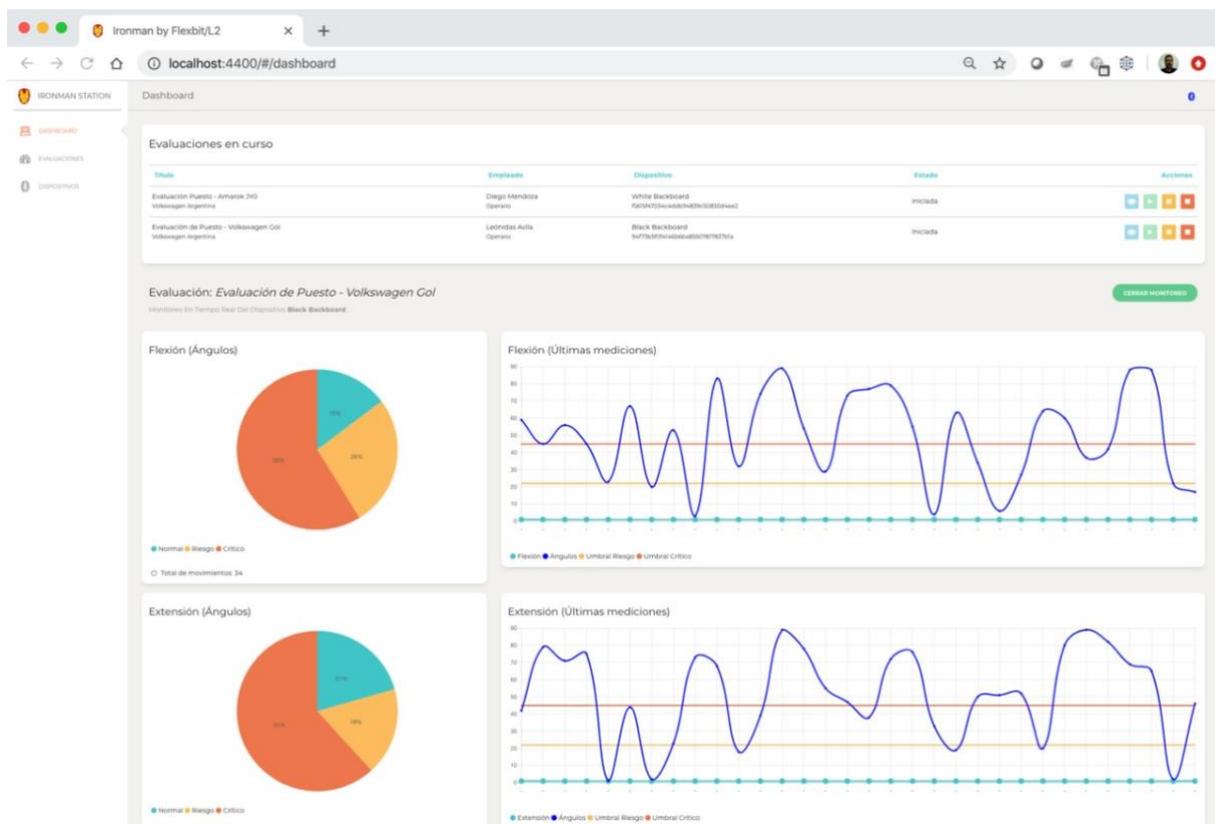


Figura 12

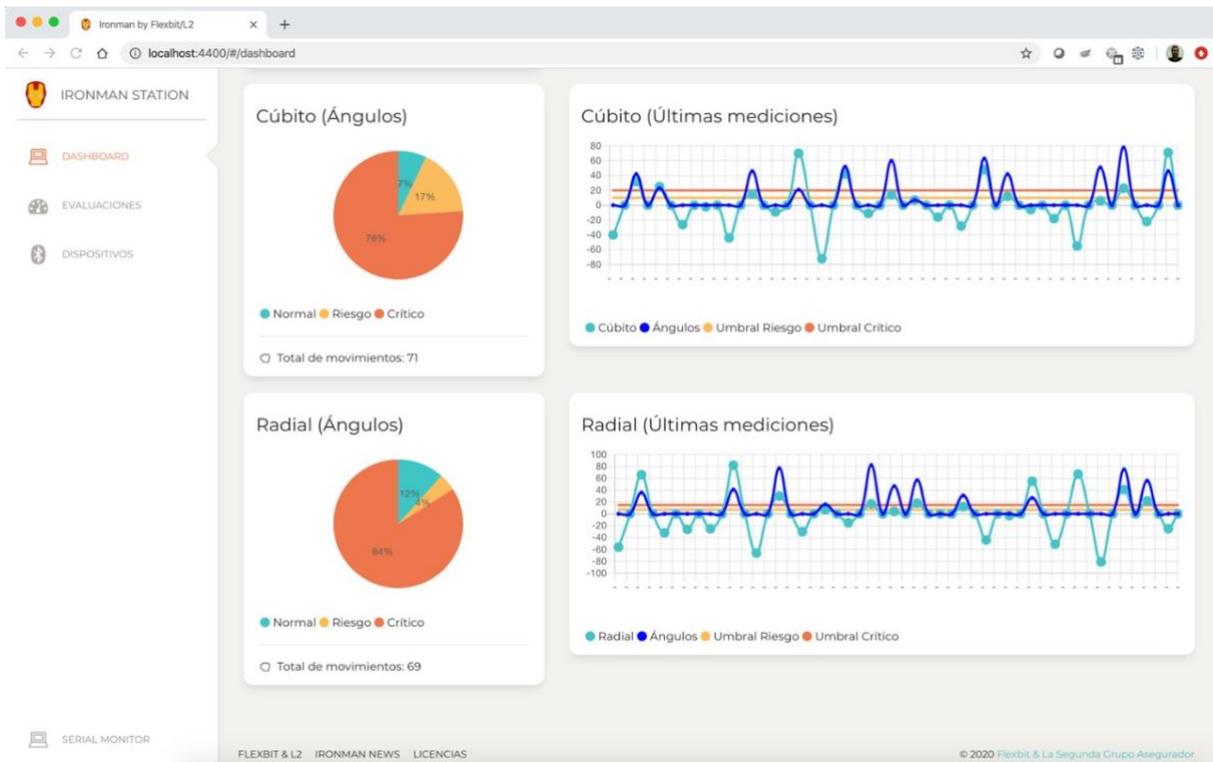


Figura 13

Resultados y discusión

A continuación se detallan los resultados obtenidos en la fase 3, resumidos en la tabla 6.

En términos generales la prueba fue satisfactoria y cumplió con las expectativas. No se relevaron incomodidades por parte del usuario del dispositivo y la tecnología funcionó según lo esperado.

Si se identificaron diferencias entre los movimientos contados por la observación humana respecto a la tecnología debido a la sensibilidad de sensor (resultado esperado por el nivel de desarrollo actual).

Asimismo, los resultados de la fase 5 de muestran en la tabla 7.

Tabla 6

Concepto	Resultado	Observación
Diseño y ergonomía del producto	Correcto	No se relevaron incomodidades en su utilización (peso y tamaño correctos): Punto de mejora material de wearable.
Comunicación	Satisfactorio	Se obtuvo una tasa de transmisión del 100% de los datos inalámbricamente.
Batería	Satisfactorio	La fuente de alimentación aplica para utilizar la tecnología en la medición.
Medición	Mejorable	Se relevó la necesidad de mejorar la sensibilidad del sensor para discriminar movimientos concretos.

Plataforma	Mejorable	La presentación de la información requirió ser tratado para brindar una mejor experiencia al usuario ya que, por aportar muchos datos, no permitían una interpretación simple de lo sentido.
Relación con el cliente	Satisfactorio	La experiencia vivida en la fase 3 y los avances obtenidos permitieron la habilitación de continuar realizando pruebas en la nueva línea de producción de vehículos (ámbito muy cuidado por el cliente).
Registro de los 4 movimientos en estudio	Satisfactorio	Se evidenciaron los 4 movimientos conforme lo esperado para la etapa de desarrollo.
Panel de Control	Satisfactorio	Se logró disponer de un tablero de control con la semaforización de criticidad angular.

Tabla 7

Concepto	Resultado	Observación
Medición angular de Flexión palmar	Correcto	Se logró registrar satisfactoriamente los movimientos definidos y el adecuado registro angular, mediante la prueba de laboratorio con goniómetro, lo cual nos habilita, luego del diseño y fabricación del case (gabinete), iniciar las pruebas con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).
Medición angular de extensión dorsal	Correcto	
Desviación ulnar (cubital)	Correcto	
Desviación radial	Correcto	

Las pruebas de campo y experiencia de utilización contribuyeron a definir el alcance de la solución final.

El sistema de alertas actual permite analizar de manera conjunta (Cliente- La Segunda) la incomodidad de la tarea y definir las medidas de mejoras necesarias para la adecuación del puesto al trabajador.

Si bien, en la Fase 1 de diseño del prototipo , identificamos la necesidad de filmar el ciclo completo de medición a fin de poder realizar las comparativas durante la realización de pruebas en laboratorio, no fue considerado como imprescindible para esta etapa la incorporación e integración de la filmación en la plataforma web para el producto mínimo viable. Definiendo la estrategia de filmación paralela e independiente al dispositivo de medición.

Luego de la realización de las mediciones en laboratorios internos y con el cliente, entendemos como necesario y relevante poder disponer de la filmación integrada en la plataforma. A fin de proporcionar una mayor practicidad y precisión a la evaluación ergonómica. Esta acción se encuentra definida como requisito en la construcción del prototipo 2.0, el cual incorporará las especificaciones de diseño relevadas en las fase 4.

El diseño industrial y fabricación del case (gabinete) para el nuevo prototipo será definido en la siguiente fase del proyecto para posteriormente avanzar en la calibración y certificación del mismo por el departamento de metrología y calidad del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

En el hipotético caso de continuar escalando e incorporando nuevas tecnologías el dispositivo tiene el potencial de realizar evaluaciones ergonómicas mediante la identificación de acciones técnicas y la medición de otros factores de riesgos. Con lo cual, su asistencia facilitaría los datos objetivos para la toma de decisiones frente a las evaluaciones ergonómicas.

Conclusiones

El proyecto se ideó tomando en consideración, desde el inicio, el diseño del hardware y software con la posibilidad de escalonar la tecnología a incorporar. Iniciamos su desarrollo y alcance en segmento muñeca a fin de concretar las pruebas y ajustes tecnológicos necesarios que pudieran ampliarse a otros segmentos musculo esqueléticos y con la posibilidad de incorporar nuevas tecnologías.

Los principales beneficios ofrecidos por el dispositivo son:

- Aporte de datos objetivos y específicos, los cuales permiten señalar al especialista interviniente la situación puntual (movimiento específico de la acción técnica) que presenta el desvío angular crítico.
- Sistema de alertas: Esta solución mejora la experiencia del usuario con la base de datos analítica.
- Monitoreo del riesgo en tiempo real.

Este producto permitirá ofrecer una experiencia de prevención entre la suscripción y el siniestro. Y posicionarnos como socios estratégicos en la estructura de costos del cliente ya que esta tecnología permite brindar información de calidad para poder tomar decisiones frente a las siguientes situaciones:

- Evaluaciones ergonómicas de muñeca.
- Gestión del cambio (ingeniería): Planificación de diseños ergonómicos de los puestos de trabajo que prevengan exigir las posturas.
- Diseño o rediseño de los puestos de trabajo existentes
- Definición de mejoras de ingeniería. Ej: incorporación de herramientas ergonómicas, automatización, mecanización etc.
- Corrección de desvíos (conductuales o propios de la tarea).
- Capacitación/Entrenamiento: adopción de posturas adecuadas para la realización de las tareas.
- Rehabilitación.
- Reinserción laboral.
- Recalificación.

Para la siguiente etapa del proyecto nos proponemos avanzar en las siguientes líneas de desarrollo:

- o Sensores: Incorporación de movimientos complementarios y sus correspondientes calibraciones. Software: Incorporación de filmación, video y sincronización con gráficos.
- o Ampliación del universo de empresas y puestos de trabajo donde realizar las pruebas.
- o Case (gabinete): mejoras en el diseño industrial.

La persistencia y continuidad de este tipo de desarrollos tecnológicos, sirven de gran valor frente a la necesidad de nuestros clientes y la salud de los trabajadores. Ya que aportan datos específicos que permiten acortar la brecha entre los escenarios de trabajo y el trabajador. Es decir, en base a los datos aportados mediante sistemas de alertas y su análisis más específico permite la toma de decisiones compatibles con los límites razonables entre la capacidad de las personas y las exigencias de las tareas mejorando las condiciones de Salud y del trabajo.

Bibliografía

2018. Norma IRAM-ISO 11228-3- Ergonomía Manipulación Manual De Cargas. Parte 3 (ISO 11228-3:2007 MOD).

Servicios.infoleg.gob.ar. 2020. Infoleg - Información Legislativa- Decreto Nacional 658/1996-RIESGOS DEL TRABAJO LISTADO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES. [online] Available at: <<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=37572>> [Accessed 20 May 2020].

Servicios.infoleg.gob.ar. 2020. Infoleg - Información Legislativa- Decreto Nacional 658/1996-RIESGOS DEL TRABAJO LISTADO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES. [online] Available at: <<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=37572>> [Accessed 20 May 2020].

Servicios.infoleg.gob.ar. 2020. Infoleg - Información Legislativa- Decreto Nacional 658/1996-RIESGOS DEL TRABAJO LISTADO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES. [online] Available at: <<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=37572>> [Accessed 20 May 2020].

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires, en particular, a sus pasantes Aramis Lucas Mansilla Destin Rossi y Juan Carlos Narváez por confiar su tesis en nuestro proyecto. Y muy especialmente a nuestro Cliente Estratégico por abrirnos sus puertas para la realización de pruebas tecnológicas en su planta industrial.