

DOTNIR

Desarrollo de un prototipo avanzado de alta calidad científica y tecnológica para aplicaciones biomédicas basado en reconstrucción de imágenes de infrarrojo cercano.

Informe Final

Dr. Francisco J. Marcano Serrano



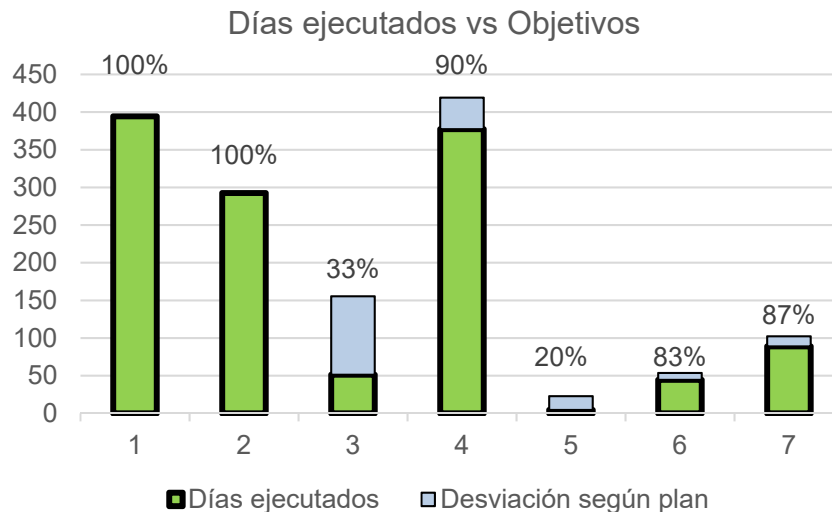
Informática y Equipamientos Médicos de Canarias S.A.

Enero 2021



Objetivos del Proyecto. Cumplimiento.

1. Construcción de prototipo de sistema de adquisición de imágenes DOT en infrarrojo cercano (**100% logrado**)
2. Adaptación de modelos matemáticos y algoritmos de neuroimagen (**100% logrado**)
3. Incorporación de funciones de detección de patologías (**33% logrado**)
4. Implementación de plataforma de consulta, diagnóstico, difusión y colaboración basada en 3D *Slicer* (**90% logrado**)
5. Implementación de carta de servicios basados en la plataforma 3D *Slicer* (**20% logrado**)
6. Establecimiento de mecanismo de transferencia de conocimientos y tecnologías con la empresa (**83% logrado**)
7. Difusión de las actividades y resultados del proyecto (**87% logrado**)



Desviaciones de los objetivos:

Las restricciones de pandemia ocurridas durante el año 2020 afectaron la ejecución de la planificación realizada sobre los experimentos y pruebas con sujetos, afectando las actividades correspondientes a los objetivos 3, 4 y 5. La experimentación es requerida para la comprobación de los modelos de detección, diagnóstico y posibles servicios derivados que se pueden ofrecer.

En relación con los objetivos 6 y 7, actualmente se está en espera de los resultados del informe detallado de protección de innovación solicitado a la oficina española de patentes y marcas para completar las acciones que correspondan a los intereses de comercialización y difusión.

Implicación IP e IP-ULL (2017-2021)

Investigador Principal (Dr. Francisco J. Marcano Serrano) :

- Coordinación de las actividades del proyecto. Investigación, diseño y desarrollo de:
 - Software de adquisición y reconstrucción de datos de imagen
 - Componentes electrónicos y experimentos
- Divulgación del proyecto.
- Gestión de créditos para adquisición de materiales de dispositivos DOTNIR.

Investigador Principal – ULL (Prof. Dr. Justo R. Pérez Cruz) :

- Coordinación y asesoramiento científico sobre fundamentos teóricos de la técnica espectroscópica bajo implementación.
- Planteamiento de modelos alternativos para el procesamiento y reconstrucción de imágenes.
- Reuniones periódicas con participantes del proyecto.

Equipo de trabajo

Laboratorio de Neuroquímica y Neuroimagen (LNNI). Facultad Ciencias de la Salud. Participantes :

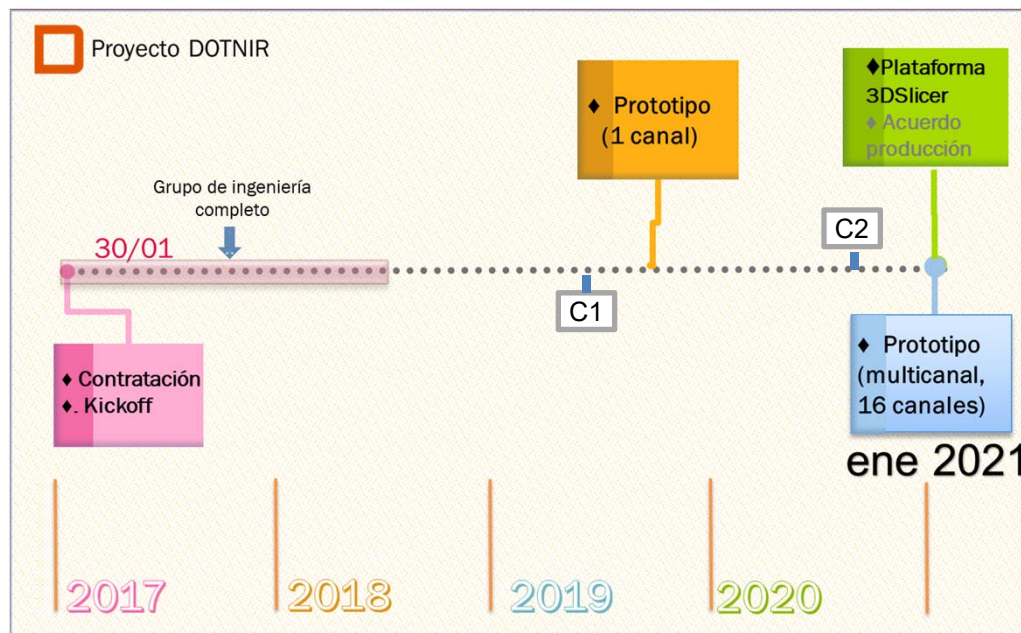
- Prof. José Luis González Mora. Director del LNNI. Gestión de Infraestructuras.
- Dr. David Díaz Martín. Ingeniería, diseño e implementación electrónica.
- Dr. Estefanía Hernández-Martín. Asesor científico. NIRS.
- Dr. Cristián Modroño Pascual. Asesor científico. Diseños experimentales.

El Laboratorio de Neuroquímica y Neuroimagen de la Universidad de La Laguna, ha contribuido de forma esencial con recursos para el diseño, implementación y experimentos del proyecto DOTNIR. En sus instalaciones del Servicio de Resonancia Magnética para Investigaciones Biomédicas (SRMIB) se encuentran los equipos de espectroscopia de infrarrojo y resonancia magnética para experimentos en humanos, para la obtención de datos de referencia y la calibración de los dispositivos desarrollados, así como los laboratorios y equipos necesarios para el soporte de las tareas del proyecto.



Hitos

- Prototipo DOTNIR 16 canales.
- Plataforma 3D Slicer, software de visualización de datos y control de dispositivo, versión 1 para desarrolladores de prototipo. Versión para usuarios de prototipo.
- Acuerdo de producción con empresa: Aún en espera por informe detallado de protección de innovación. Se tomarán acciones correspondientes según el resultado.
- Transferencia a otros grupos de investigación: La tecnología desarrollada ha dado a lugar la solicitud de un nuevo proyecto de investigación nacional para el diseño e implementación de una interfaz neuronal cerebro-computadora de implantación intraósea, para la ayuda a personas con discapacidad física.



Créditos asignados:

C1) Fecha de resolución definitiva: 05/2019.
Subvención Excmo. Cabildo Insular de Tenerife
Partida presupuestaria 180.403.19.21. Monto:
6000€

C2) Fecha de resolución definitiva: 22/09/2020.
Vicerrectorado de Investigación, Transferencia y
Campus Santa Cruz
y Sur. Financiación actividades de transferencia.
Línea presupuestaria 180403AA 541C0 64000.
Monto: 8500€

Desarrollo de proyecto(2017-2020)

Principales actividades de desarrollo realizadas

2017

Diseño de arquitectura básica de sistema

Diseño de bloques de sistema de detección (v.1.0)

Diseño de bloques de sistema de emisión (v.1.0)

Simulaciones y diseño de componentes y circuitos

Algoritmo de simulación para modulación/demodulación lock-in

Diseño e implementación de prototipos de algoritmos en Matlab para cálculo de imágenes tomográficas de cerebro basada en modelo de elementos finitos. Corrección y registro de imágenes en anatomía individualizada Aplicación de estadística paramétrica sobre bloques de eventos para cálculo de mapas de valores T asociados a cambios conformacionales de la hemoglobina.

Desarrollo de Portal de control de proyecto para planificación, desarrollo y control de progreso de actividades

Implementación de plataforma de fibra óptica para acceso de imágenes médicas asociadas con el proyecto (ULL – SRMIB - IMETISA, STIC).

2018

Implementación y calibración de subsistema para control de diodos láser

Implementación y calibración del subsistema para detección de luz

Implementación y calibración del subsistema de prueba para acople de detectores y emisores de luz

2019

Diseño e implementación de mecanismo para la reducción de la influencia de luz de ambiente y aumento de la sensibilidad del dispositivo en la adquisición de señal (x1000).

Elaboración de placas de circuitos electrónicos impresos de la versión del prototipo usable fuera de laboratorio.

Firmware de control de adquisición de tiempo real.

Software básico para procesamiento, despliegue visual de datos adquiridos, comunicación por red y gestión de dispositivo , en 3D Slicer.

2020

Desarrollo de prototipo usable fuera de laboratorio, dos longitudes de onda, foto-detector de avalancha (APD) de alta sensibilidad, 4 canales ópticos (2 emisores x 2 detectores).

Algoritmos y microprogramación depurados para funcionamiento en red de múltiples dispositivos DOTNIR,

Diseño e implementación de la fuente de alimentación para uso de dispositivo con baterías, de forma no cableada.

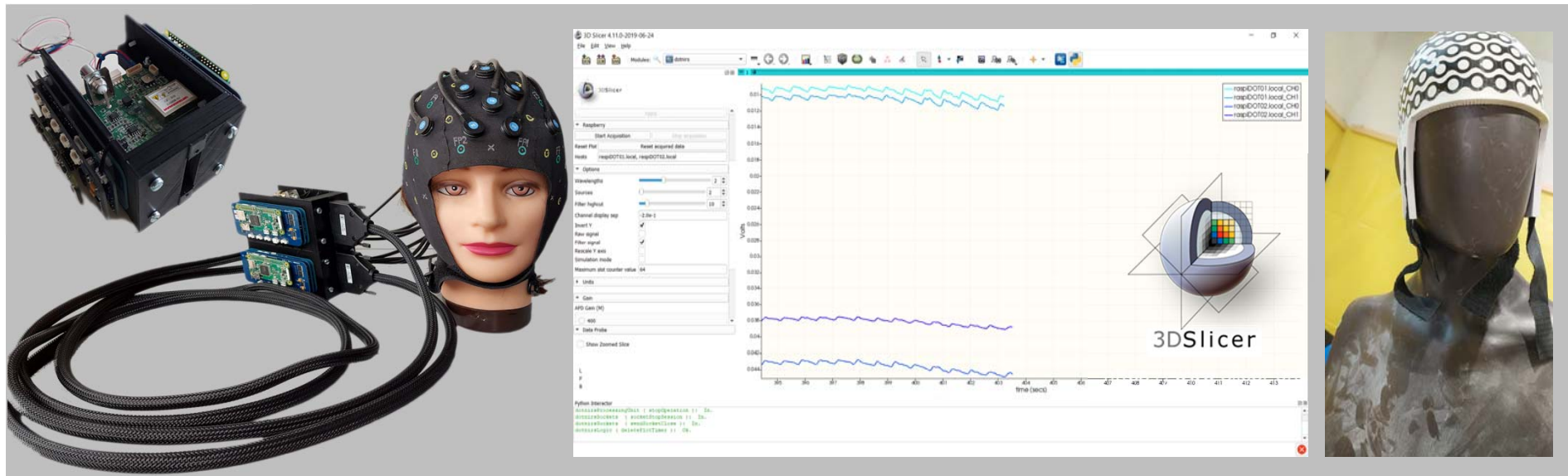
Construcción de dispositivo DOTNIR de 16 canales



Resultados

TECNOLOGÍA DOTNIR

- Prototipo de unidad DOTNIR multicanal de 2 x 2 optodos (4 canales). Dispositivo de alta sensibilidad para la adquisición y procesamiento de datos de tomografía de óptica difusa de infrarrojo cercano. Arquitectura **multiprocesador, reprogramable, modular, portable, escalable e inalámbrica** con sistema operativo basado en Linux e interfaz de programación Python 3.0. Compatible con emisores LED y láser, y fotodiodos tipo Si-PD, APD, Si-PM. Detección con compensación de influencia de luz ambiente. Funcionamiento con batería Li-Po.
- Dispositivo de 4 x 4 optodos (16 canales) conformado por dos unidades DOTNIR sincronizadas mediante pulsos TTL transmitido mediante cable o de forma inalámbrica, mediante detección de pulsos de radiofrecuencia. Compatible con fibras ópticas y cascos flexibles comerciales NIRX.
- Software 3D Slicer (www.slicer.org) para monitorización, control de dispositivo vía red (TCP/IP), adquisición y visualización de datos.
- Librerías Python de control de dispositivo
- Casco semi-rígido de diseño propio para acople firme de fibras en cabeza, en fase de desarrollo.



Divulgación

Medios

RTVC, programa SPIN-UP, 2019

<https://www.facebook.com/canarias2punto0/videos/vb.476099942484969/1028931367295577>

Estudios de tomografía óptica difusa en infrarrojo

- ❑ Estefanía Hernández Martín; Francisco José Marcano Serrano; Cristián Modroño Pascual; Óscar Casanova González; Julio Plata Bello; José Luis González Mora. Is it possible to measure hemodynamic changes in the prefrontal cortex through the frontal sinus using continuous wave DOT systems?. OSA – Biomedical Optics Express. 10 - 2, pp. 817 - 837. Optical Society of America, 24/01/2019.
- ❑ José Luis González-Mora; Estefanía Hernández Martín; Francisco Marcano; Pedro Salazar; Sergio Hernández; Vicente D Rodríguez. In vivo Near Infrared Spectroscopy: a novel approach for simultaneously estimating molecules and hemodynamic parameters in the human and rat brain: a review. Medical Research Archives. 6 - 2, 02/2018.
- ❑ Estefanía Hernández-Martín; Francisco Marcano; Cristian Modroño; Niels Janssen; Jose Luis González-Mora. Diffuse optical tomography to measure functional changes during motor tasks: a motor imagery study. Biomed. Opt. Express. 11 - 11, pp. 6049 - 6067. OSA, 11/2020.
- ❑ Estefanía Hernández Martín; Francisco Marcano; Oscar Casanova; Cristián Modroño; Julio Plata Bello; José Luis González-Mora. Comparing diffuse optical tomography and functional magnetic resonance imaging signals during a cognitive task: pilot study. Neurophotonics. 4 - 1, pp. 015003-1 - 015003-15. SPIE, 2017.

Portal Web del proyecto (solo usuarios acreditados durante período de solicitud de protegibilidad):

<https://neurolab.iaas.ull.es/index.php/dotnir/>



Divulgación



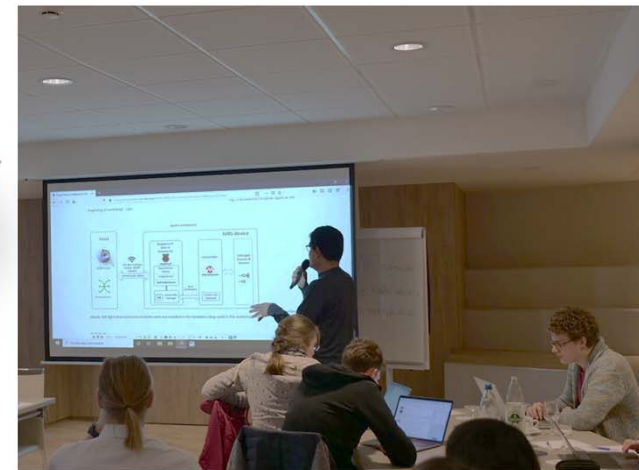
- Presentaciones de aplicaciones basadas en elementos secundarios de la arquitectura diseñada durante el Proyecto DOTNIR y asistencia a eventos de desarrollo para plataforma 3D Slicer.

https://projectweek.na-mic.org/PW33_2020_GranCanaria/ (ULPGC)

https://projectweek.na-mic.org/PW31_2019_Boston/ (MIT)

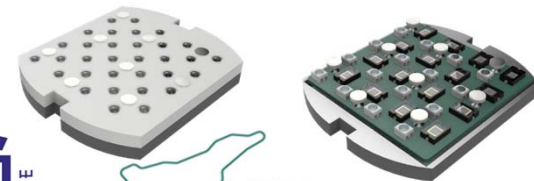
https://projectweek.na-mic.org/PW30_2019_GranCanaria/ (ULPGC)

https://projectweek.na-mic.org/PW28_2018_GranCanaria/ (ULPGC)



TRANSFERENCIA

- ❑ Reuniones periódicas de transferencia con la empresa Informática y Equipamientos Médicos de Canarias S.A. (Informédica).
- ❑ Soporte de Informédica a plataforma del servicio de investigaciones biomédicas para el almacenamiento de imágenes de pruebas (Micro-PACS).
- ❑ Acuerdo de colaboración con Informédica para la explotación de los posibles resultados protegibles del proyecto, en espera por informe detallado de protección de innovación solicitado a la oficina española de patentes y marcas (www.oepm.es) y análisis de competencia.
- ❑ Acuerdo con **Arquimea Research Center – Arquimea Group, Parque Tecnológico Intech, Tenerife.** Producto de los resultados obtenidos en el Proyecto DOTNIR, **Arquimea Group**, a través del **Arquimea Research Center**, ha formalizado su interés en participar en el desarrollo de una interfaz neuronal cerebro-computadora de implantación intraósea, basado en la tecnología DOTNIR y sensores electrocorticográficos (ECoG). Esta asociación se realizaría dentro del marco del Proyecto **BCNIT** del grupo de Neuroquímica y Neurociencia de la Universidad de La Laguna (Proyecto I+D+i Retos Investigación, Convocatoria 2020, Ministerio de Ciencias e Innovación, Investigador principal: **Prof.Dr. José Luis González Mora**). En este proyecto se que propone el diseño y construcción de una interfaz neuronal cerebro-computadora para la ayuda a personas con discapacidad física. En una primera etapa se construirá una interfaz de 16x16 optodos (256 canales), para su implantación y pruebas en un animal de experimentación. Esta aplicación de la tecnología DOTNIR abre paso a futuras líneas de desarrollo y transferencia entre la Universidad y el sector Empresa con amplias posibilidades de beneficios para nuestra Sociedad.



FORMACIÓN

Asistencia a programa de formación para el incremento de la transferencia de resultados de investigación realizados en la Universidad de La Laguna.

Programa Spin-Up 2018

<https://fg.ull.es/launchtf/spinup-emprendimiento-desde-la-investigacion/>

<https://fg.ull.es/launchtf/spinup-primeras-sesiones-formativas/>



Gracias por su atención



Apéndice. Tareas de Proyecto

Id	#Actividad	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	% completado	2016			2018			2020					
							tri 1	tri 3	tri 1	tri 3	tri 1	tri 3	tri 1	tri 3				
1	1	Actividades para objetivo específico #1:	1065 días	lun 30/01/17	vie 26/02/21	100%												
2	1.1	Contratación de personal Investigador Doctor	21 días	lun 30/01/17	lun 27/02/17	100%												
3		Hito 1. Investigador contratado.	0 días	lun 30/01/17	lun 30/01/17	100%												
4	1.2	Evaluación y selección de tecnologías Hardw. Y Softw.	122 días	sáb 15/07/17	dom 31/12/17	100%												
5	1.3	Especificaciones diseño funcional disp DOT-NIR	204 días	lun 04/09/17	jue 14/06/18	100%												
6	1.4	Obtención materiales elaboración dispositivo DOT-NIR	106 días	jue 05/10/17	jue 01/03/18	100%												
7	1.5	Diseño, construcción y validación de subcomponentes	590 días	dom 30/07/17	jue 31/10/19	100%												
8	1.6	Ensamblaje, validación subcomp. y sw. controlador	382 días	jue 01/08/19	vie 15/01/21	100%												
9		Hito 2. Prototipo DOT-NIR desarrollado	1 día	vie 29/01/21	vie 29/01/21	100%												
10	2	Actividades para objetivo específico #2:	1 día	mar 12/07/16	mar 12/07/16	100%												
11	2.1	Estudio modelos, algoritmos reconstrucción imágenes	400 días	mar 20/06/17	lun 31/12/18	100%												
12	2.2	Propuesta casos de estudios para aplicación DOT-NIR	923 días	mar 20/06/17	jue 31/12/20	100%												
13	2.3	Modelos y algoritmos reconstrucción imágenes (Desarr.)	761 días	jue 01/02/18	jue 31/12/20	100%												
14	3	Actividades para objetivo específico #3:		mar 12/07/16		33%												
15	3.1	Diseño aplicación gestión, consulta, ... para DOT-NIR	47 días	dom 01/03/20	lun 04/05/20	45%												
16	3.2	Implem. Aplicación gestión, consulta, ... para DOT-NIR	195 días	lun 04/05/20	vie 29/01/21	30%												
17	4	Actividades para objetivo específico #4:		mar 12/07/16		90%												

Apéndice. Tareas de Proyecto

Id	#Actividad	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	% completado	2016			2018			2020					
							tri 1	tri 3	tri 1	tri 3	tri 1	tri 3	tri 1	tri 3	tri 1	tri 3		
18	4.1	Diseño plataforma de consulta, diagnóstico,...3D Slicer	414 días	mar 02/07/19	vie 29/01/21	100%												
19	4.2	Plan de instalación para la implantación de la plataforma	414 días	mar 02/07/19	vie 29/01/21	80%												
20	4.3	Implantación plataforma de consulta basada en 3D Slicer	393 días	mar 02/07/19	jue 31/12/20	90%												
21		Hito 3. Plataforma 3D Slicer implementada	65 días	vie 02/10/20	jue 31/12/20	90%												
22	5	Actividades para objetivo específico #5:				20%												
23	5.1	Diseño e implementación casos de estudio clínicos	174 días	mar 01/10/19	vie 29/05/20	25%												
24	5.2	Definición de servicios a ofrecer	22 días	vie 01/05/20	lun 01/06/20	10%												
25	5.3	Propuesta implant. Platafor. Publicac. casos de estudio	33 días	vie 01/05/20	mar 16/06/20	0%												
26	6	Actividades para objetivo específico #6:		mar 12/07/16		83%												
27	6.1	Definición, implantación procesos de protección intelect.	935 días	lun 03/07/17	vie 29/01/21	80%												
28	6.2	Definición, implantación proces. actividades colaboración	1011 días	vie 17/03/17	vie 29/01/21	85%												
29	6.3	Propuesta implantación programa de formación				0%												
30		Hito 4. Acuerdo producción.	0 días	vie 29/01/21	vie 29/01/21	83%												
31	7	Actividades para objetivo específico #7:	1044 días	mar 31/01/17	vie 29/01/21	87%												
32	7.1	Publicación revistas especializadas y de impacto	1023 días	mié 01/02/17	vie 01/01/21	100%												
33	7.2	Participación en eventos y congresos	1022 días	mié 01/02/17	jue 31/12/20	100%												
34	7.3	Selección contenidos y resultados para divulgación	1022 días	mié 01/02/17	jue 31/12/20	60%												