

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

MÁSTER EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

DEPARTAMENTO DE ORGANISMOS Y SISTEMAS

AREA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Desarrollo de un Índice de Gravedad Potencial en Incendios Forestales

AUTOR: IÑIGO HIDALGO CANTABRANA

TUTOR: GIL GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

COTUTOR: ARTURO COLINA VUELTA

JULIO 2016

Contraportada

Índice

1. INTRODUCCIÓN	11
2. MARCO NORMATIVO	15
2.1. ÁMBITO NACIONAL	15
2.2. ÁMBITO REGIONAL	16
2.3. EL IGP EN LA NORMATIVA	18
2.3.1. <i>Determinaciones de la Directriz Básica de 2013.</i>	18
2.3.2. <i>Determinaciones del Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales.20</i>	
2.3.3. <i>Determinaciones de la revisión del INFOPA.</i>	23
3. PROCEDIMIENTO	25
3.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	25
3.2. FACTORES PARA EL CÁLCULO DEL IGP	26
3.2.1. <i>Valoración de los factores estructurales.</i>	27
3.2.1.1. Variables consideradas para la valoración del factor topográfico.	28
3.2.1.1.1. Valoración de la pendiente del Terreno.....	30
3.2.1.1.2. Valoración de la orientación del Terreno.....	31
3.2.1.2. Valoración considerada para el análisis de los combustibles.	33
3.2.1.2.1. Continuidad Vegetal.....	35
3.2.1.3. Variables para la valoración del factor de valor añadido.....	36
3.2.1.3.1. Protección de espacios naturales.....	37
3.2.1.3.2. Interés Forestal	38
3.2.1.4. Caracterización meteorológica	40
3.2.1.4.1. Dirección del viento	41
3.2.1.4.2. Velocidad del viento.....	43
3.2.1.4.3. Temperatura.....	43
3.2.1.5. Índice de Riesgo Incendios	44
3.2.2. <i>Valoración de la afección a elementos críticos.</i>	48
3.3. DESARROLLO DE LAS APLICACIONES	52
3.3.1. <i>Definición del intercambio de datos</i>	52
3.3.2. <i>Esquema de Geodatabase</i>	56
3.3.2.1. Modelo de datos.....	56
3.3.3. <i>Herramienta para dar de Alta los Incendios.</i>	62
3.3.3.1. Módulo IGPP	63
3.3.3.2. Módulos Afección EDE, IIER, EP y PHC.....	65

3.3.3.3.	Módulo de Comarca Forestal.....	68
3.3.3.4.	Modulo IR.....	69
3.3.4.	<i>Herramienta de Cálculo del IGP</i>	72
3.3.4.1.	Modulo IGP Incendio	74
3.3.4.2.	Módulos semejantes a la herramienta de Alta de incendio	75
4.	RESULTADOS	77
4.1.	SUPUESTO 1. INCENDIO QUE POTENCIALMENTE NO AFECTA A NINGÚN ELEMENTO CRITICO.....	77
4.2.	SUPUESTO 2. INCENDIO AFECTA A ALGÚN E.D.E.....	82
5.	CONCLUSIONES	85
6.	FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA	86

Índice de Tablas

TABLA 1:	EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE INCENDIOS EN ASTURIAS 2000-2012.	12
TABLA 2:	VALORACIÓN DE LOS FACTORES A INCLUIR EN EL IGP.....	22
TABLA 3	CLASIFICACIÓN DEL VALOR DE ÍNDICE DE GRAVEDAD POTENCIAL DE LOS INCENDIOS FORESTALES.....	25
TABLA 4:	VALORACIÓN DE LA PENDIENTE DEL FACTOR TOPOGRÁFICO	31
TABLA 5:	CLASIFICACIÓN DE LA ORIENTACIÓN EN VALORES DE IGP.....	32
TABLA 6:	CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBILIDAD EN VALORES DE IGP.....	34
TABLA 7	CLASIFICACIÓN DE LA CONTINUIDAD VEGETAL EN VALORES DE IGP.	35
TABLA 8:	CLASIFICACIÓN DE LA PROTECCIÓN DE ESPACIOS NATURALES EN VALORES DE IGP.	37
TABLA 9:	CLASIFICACIÓN DEL INTERÉS FORESTAL EN VALORES DE IGP.	39
TABLA 10:	CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DINÁMICO METEOROLÓGICO: DIRECCIÓN DEL VIENTO.	42
TABLA 11:	VALORES DE ÍNDICE PARA LA VELOCIDAD DEL VIENTO	43
TABLA 12:	VALOR DE ÍNDICE PARA LA VARIABLE TEMPERATURA.	44
TABLA 13:	EXTENSIÓN DE LAS COMARCAS FORESTALES.....	47
TABLA 14:	ELEMENTOS CRÍTICOS DE DIFÍCIL EVACUACIÓN.	49
TABLA 15:	ELEMENTOS CRÍTICOS I.I.E.R.....	49
TABLA 16:	ELEMENTOS CRÍTICOS DE POBLACIÓN.....	50
TABLA 17	ELEMENTOS CRÍTICOS DE PATRIMONIO HISTORIO.....	50
TABLA 18:	VALORACIÓN DE LA PELIGROSIDAD EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA A LOS EQUIPAMIENTOS Y DIRECCIÓN DEL VIENTO	51
TABLA 19:	MODELO DE DATOS DATASET DATOS MEDIDOS.....	57
TABLA 20:	MODELO DE DATOS DATASET RESULTADOS.....	58
TABLA 21	CAPAS RASTER EXISTENTES EN LA GEODATABASE	61
TABLA 22:	FUNCIÓN DEFINIDA PARA LA EVALUAR LA DIRECCIÓN DEL VIENTO RESPECTO DEL ELEMENTO CRÍTICO MÁS CERCANO.	66

TABLA 23: FUNCIÓN DEFINIDA PARA EL ANÁLISIS DE LA COINCIDENCIA DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO Y LA POSICIÓN DE LOS ELEMENTOS CRÍTICOS	67
TABLA 24: SCRIPT DEFINIDO PARA OBTENER EL VALOR DE ÍNDICE DE RIESGO DE INCENDIO EN FUNCIÓN DEL VALOR DE LA COMARCA OBTENIDA	69
TABLA 25: FUNCIÓN DEFINIDA PARA EL CÁLCULO DE LA SUMA DE IGP	70
TABLA 26: CLASIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD DEL INCENDIO.	70
TABLA 27: SCRIPT PARA COPIAR Y ALMACENAR LOS INCENDIOS DADOS DE ALTA Y SU SEGUIMIENTO COMO ENTIDADES DE PUNTO.	71
TABLA 28: FUNCIÓN DEFINIDA PARA EL CÁLCULO DEL IGP.	76

Índice de Figuras

FIGURA 1: NÚMERO DE SINIESTROS POR TÉRMINO MUNICIPAL, 2001-2010.	11
FIGURA 2 NÚMERO DE INCENDIOS EN ASTURIAS POR TIPOS 2000-2012	12
FIGURA 3: ESQUEMA DE LA BASE NORMATIVA Y DE PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA ESPAÑOL DE PROTECCIÓN CIVIL.....	16
FIGURA 4 CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES A VALORAR	27
FIGURA 5: CUADRO DE SÍNTESIS DE LOS FACTORES ESTRUCTURALES.	28
FIGURA 6: VARIABLES TOPOGRÁFICAS A VALORAR.	29
FIGURA 7 MAPA DE PENDIENTES RECLASIFICADAS UTILIZADO EN LA APLICACIÓN	31
FIGURA 8: MAPA DE ORIENTACIONES RECLASIFICADAS UTILIZADO EN LA APLICACIÓN.....	33
FIGURA 9: ESQUEMA DE LAS VARIABLES DE LOS COMBUSTIBLES.	33
FIGURA 10: MAPA DE COMBUSTIBILIDAD RECLASIFICADA UTILIZADO EN LA APLICACIÓN.	35
FIGURA 11: MAPA DE CONTINUIDAD VEGETAL RECLASIFICADO INTEGRADO EN LA APLICACIÓN.	36
FIGURA 12: ESQUEMA DE VALORACIÓN DEL VALOR AÑADIDO.	37
FIGURA 13: MAPA DE LOS NIVELES DE PROTECCIÓN RECLASIFICADA INCORPORADA EN LA APLICACIÓN.	38
FIGURA 14: MAPA DE INTERÉS FORESTAL RECLASIFICADO INCORPORADO EN LA APLICACIÓN.	40
FIGURA 15: ESQUEMA DE VALORACIÓN DE LOS FACTORES DINÁMICOS	40
FIGURA 16: COMARCAS FORESTALES DE ASTURIAS.	46
FIGURA 17: DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE INTERCAMBIO DE DATOS.....	53
FIGURA 18 PARTE DE INCENDIOS DISEÑADO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS	55
FIGURA 19: ESTRUCTURA DE GEODATABASE.....	56
FIGURA 20: ESQUEMA GENERAL HERRAMIENTA DE ALTA DE INCENDIO.	63
FIGURA 21: ESQUEMA GENERAL DEL MÓDULO IGPP.	64
FIGURA 22: ESQUEMA GENERAL DE LOS MÓDULOS DE AFECCIONES, EN CONCRETO AFECCIÓN EDE.	68
FIGURA 23: ESQUEMA GENERAL DEL CÁLCULO DEL IGP.....	74
FIGURA 24: ESQUEMA GENERAL DEL MÓDULO IGP INCENDIO.....	75

FIGURA 25 EJECUCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE ALTA DE INCENDIOS	78
FIGURA 26: EJECUCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO DEL IGP.	79
FIGURA 27: VALORES OBTENIDOS AL EJECUTAR LA HERRAMIENTA DE ALTA DE INCENDIOS.	79
FIGURA 28: VALORES OBTENIDOS AL EJECUTAR LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO DEL ÍNDICE GRAVEDAD POTENCIAL.	81
FIGURA 29: ALTA DE INCENDIO CON AFECCIÓN A EDE.	82
FIGURA 30: VALORES OBTENIDOS EN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRAVEDAD POTENCIAL PARA DICHO INCENDIO.	84

Resumen

Se ha desarrollado una aplicación en el software ArcGIS® versión 10.2.2 capaz de valorar la gravedad potencial de los incendios forestales convirtiéndose así en un indicador que sirve de apoyo a los equipos de extinción de incendios para priorizar el desplazamiento de los medios de extinción en las situaciones en las que se produzcan incendios forestales simultáneamente. Permite también hacer un seguimiento de la evolución de los incendios desde su declaración como incendio hasta el momento en el que se dé por extinguido. Esta aplicación obtiene el valor del índice como suma de los resultados obtenidos tras evaluar todas las variables propuestas en el documento de Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS, redactado por el Instituto de Recursos Naturales y de Ordenación del Territorio (INDUROT) de la Universidad de Oviedo.

Abstract

It has been developed an app within ArcGIS® version 10.2.2 which allows the user to calculate the potential severity index of a forest fire. Therefore it shall be used as a helpful tool in situations where many forest fires occur simultaneously because of the need to prioritize the mobilization of the fire extinction equipments to those forest fires that have the greatest potential severity index. This app also allows the user to track the evolution of the forest fires since its notified until it is given by extinguish. This app gets the index value by summing up the obtained results after evaluating all the variables which are named at the Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS, redactado por el Instituto de Recursos Naturales y de Ordenación del Territorio (INDUROT) of Oviedo University.

1. INTRODUCCIÓN

El Principado de Asturias, al norte de España, limitado en el oeste por Galicia, al este por Cantabria y al sur por Castilla y León, tiene una extensión de 1.060.357,2 hectáreas de las cuales 770.479 hectáreas son monte, incluyéndose en ella tanto la superficie arbolada como la desarbolada. Esta superficie forestal equivale a un 72,2 % del total de la extensión del Principado de Asturias lo que la hace ser una de las comunidades autónomas con mayor porcentaje de monte a nivel nacional (MAGRAMA, 2013).

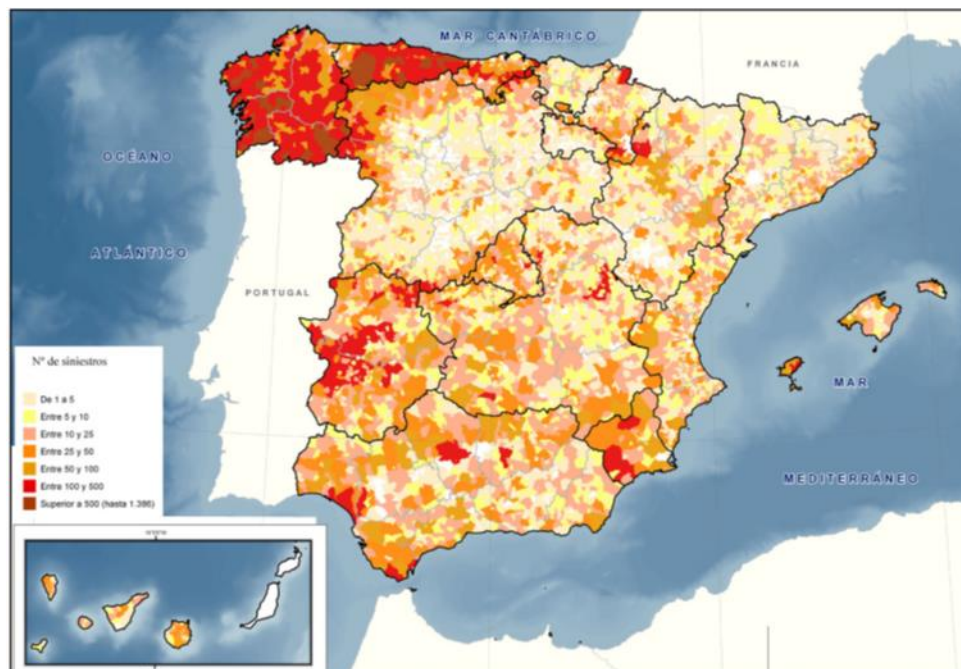


Figura 1: Número de siniestros por término municipal, 2001-2010.

Fuente: Cubo, J.E. et al (2012): *Los incendios forestales en España: decenio 2001-2010*.

Los incendios forestales son una de las principales causas de deterioro de los montes asturianos debido a la pérdida de superficie forestal que generan, junto con el valor ambiental, productivo y social que a estos se les atribuye. Desde 1973 en adelante la superficie afectada

por los incendios forestales se ha incrementado de manera significativa, convirtiéndose en uno de los fenómenos más destructivos del territorio asturiano.

La magnitud del fenómeno y la importancia de los impactos que provocan los incendios forestales ha provocado que los gestores responsables hayan desarrollado diversas herramientas e instrumentos de diferente naturaleza, cuyo objetivo final es la reducción de los impactos y consecuencias adversas provocadas por los incendios. Para ello, al igual que la gestión de la mayor parte de los riesgos naturales, las distintas herramientas tratan de actuar sobre los factores que originan el riesgo, peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, cada una desde un ámbito temático y de gestión.

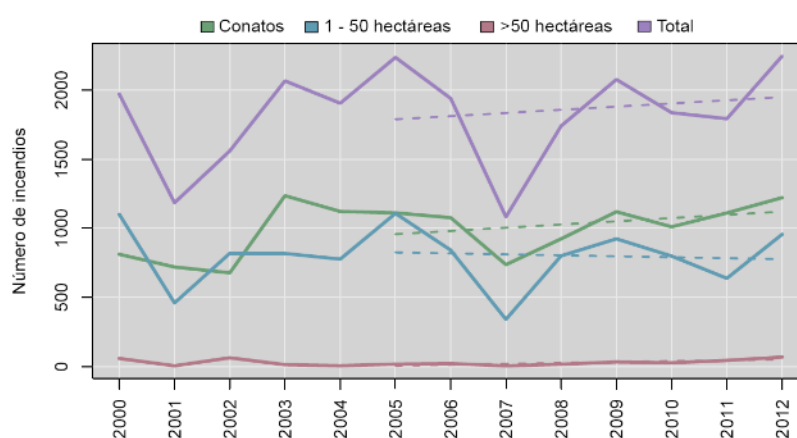


Figura 2 Número de incendios en Asturias por tipos 2000-2012

Fuente: Estrategia integral de prevención y lucha contra los incendios forestales en Asturias 2013-2016.

Tabla 1: Evolución del número de incendios en Asturias 2000-2012.

Año	Número de incendios					% de conatos
	Total	Conatos	1-50 ha	50-500 ha	> 500 ha	
2000	1 971	812	1 101	54	4	41.2
2001	1 185	720	460	5	0	60.8
2002	1 560	678	819	59	4	43.5
2003	2 067	1 236	818	13	0	59.8
2004	1 905	1 122	777	6	0	58.9
2005	2 237	1 112	1 108	16	1	49.7
2006	1 940	1 077	842	20	1	55.5
2007	1 083	737	341	5	0	68.1
2008	1 741	924	801	16	0	53.1
2009	2 077	1 120	924	33	0	53.9
2010	1 837	1 011	799	27	0	55.0
2011	1 793	1 111	638	41	3	62.0
2012	2 246	1 222	956	66	2	54.4

Fuente: Estrategia integral de prevención y lucha contra los incendios forestales en Asturias 2013-2016.
Base de datos histórica de Estadística General de Incendios Forestales.

Uno de estos ámbitos temáticos y de gestión es la Protección civil, que tal y como señala la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil en su artículo 1 (BOE núm. 164, de 10 de junio de 2015) es un instrumento de la política de seguridad pública concebido como servicio público que protege a las personas y bienes garantizando una respuesta adecuada ante los distintos tipos de emergencias y catástrofes originadas por causas naturales o derivadas de la acción humana, sea ésta accidental o intencionada.

Por tanto, los incendios forestales son considerados desde el ámbito de gestión de la protección civil como fenómenos susceptibles de provocar situaciones de emergencia o catástrofe. En consecuencia, desde la perspectiva de la protección civil la finalidad de los instrumentos técnicos, normativos o de planificación desarrollados tiene por objeto mejorar la capacidad de respuesta ante dichas situación para reducir y evitar, en la medida de lo posible, los daños sobre las personas o bienes.

El presente trabajo tiene por objeto profundizar en el desarrollo técnico de uno de los instrumentos para la gestión de las emergencias por incendios forestales incorporados recientemente por la normativa española en materia de protección civil, el índice de gravedad potencial (IGP), definido como “indicador de los daños que se prevé que puede llegar a ocasionar un incendio forestal, dadas las condiciones en que se desarrolla” (Real Decreto 893/2013).

El IGP surge como respuesta a la necesidad de disponer de una valoración homogénea de los incendios forestales, que ayude a la toma de decisiones de movilización de los medios y recursos de extinción así como priorizar su utilización, particularmente en las situaciones en las que se producen eventos simultáneamente.

En este trabajo se realiza una aproximación a la metodología de cálculo del IGP mediante la construcción de una herramienta, desarrollada sobre ArcGIS® software de Esri versión 10.2.2, que permite la combinación de diversas variables geográficas mediante la aplicación de técnicas de análisis espacial a las variables estructurales complementadas con las variables coyunturales que permiten valorar el potencial impacto de un incendio.

2. MARCO NORMATIVO

2.1. Ámbito nacional.

Según la Ley 17/2015¹ el Estado ocupa el escalón superior del **Sistema Nacional de Protección Civil**, ostentando la autoridad máxima el Gobierno de la Nación y, en particular, el Ministro del Interior. Sin embargo, en el sistema participan, a distinto nivel, todas las Administraciones Públicas (*Local, Autonómica, Estatal*) todos los organismos públicos, entidades privadas y los ciudadanos.

El Sistema Nacional de Protección Civil español se basa en la organización coordinada de los medios y recursos para poder dar respuestas inmediatas a las distintas situaciones de emergencia que se presenten en los diferentes ámbitos territoriales. Esta coordinación se establece mediante la elaboración de **directrices y planes de emergencia** adaptados a cada tipo de riesgo y cada ámbito territorial.

En materia de protección civil la norma fundamental relativa a la lucha contra los incendios forestales es la **Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales**². Mediante esta norma, elaborada por el Ministerio del Interior, se establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los planes de emergencia por incendios forestales a distintos niveles (estatal, autonómico, local, autoprotección).

Para el desarrollo de lo previsto en la citada Directriz básica, el Ministerio del Interior elaboró el **Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales**³ en el que se establece la organización y procedimientos de actuación de los recursos y servicios del Estado para asegurar, en caso de emergencia por incendios forestales de interés nacional, una

¹ Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil (BOE núm. 164, de 10 de julio de 2015).

² Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales (BOE núm. 293, de 7 de diciembre de 2013).

³ Resolución de 31 de octubre de 2014, de la Subsecretaría, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 24 de octubre de 2014, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales (BOE núm. 270, de 7 de noviembre de 2014).

respuesta eficaz del conjunto de las Administraciones Públicas, así como para prestar apoyo a los planes de las comunidades autónomas afectadas por este tipo de emergencia cuando éstas lo requieran.

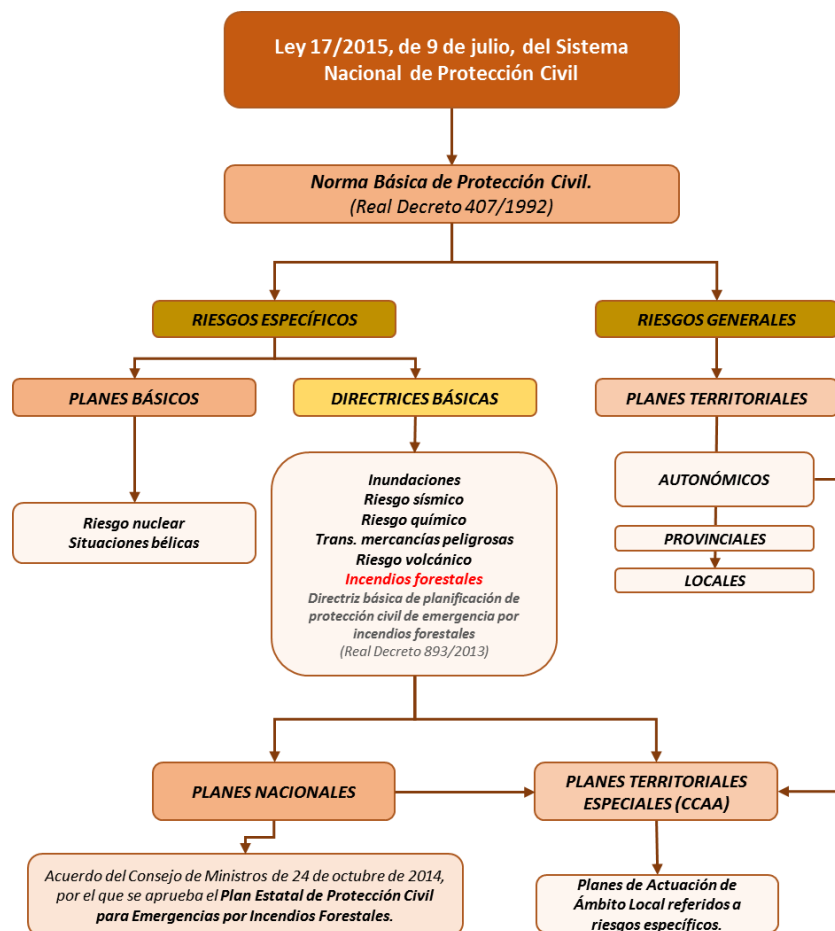


Figura 3: Esquema de la base normativa y de planificación del Sistema Español de Protección Civil.

Fuente: INDUROT (2015)

2.2. Ámbito regional.

En el ámbito autonómico, el desarrollo normativo en materia forestal se encuentra en distintos estados de desarrollo y presenta diferentes alcances. Nueve de las comunidades autónomas, incluido el Principado de Asturias, cuentan con ley forestal autonómica.

En estas leyes regionales los incendios forestales tienen un tratamiento bastante similar, incluyéndose, por lo general, en un título dedicado a la conservación o defensa del monte,

dentro de un capítulo o sección referido exclusivamente a ellos o bien considerados junto con otros agentes nocivos asociados al medio forestal.

La planificación forestal de las comunidades autónomas se articula a través de los **Planes Forestales Autonómicos** y a nivel territorial los denominados **Planes de Ordenación de los Recursos Forestales** (PORF) cuyo contenido mínimo se señala en el artículo 31 de la Ley 43/2003 de montes. Conforme al citado artículo los PORF elaborados por la comunidades autónomas deberán planificar, entre otras, las acciones necesarias para los objetivos fijados en el plan en materia de prevención y extinción de incendios.

Otro de los instrumentos de planificación que deben elaborar y aprobar las comunidades autónomas en aplicación de la Ley 43/2003 de montes son los **Planes de Defensa de las Zonas de Alto Riesgo de Incendio** (ZAR).

Hasta 2012, 13 de las 17 comunidades autónomas han declarado y comunicado al MAGRAMA sus ZAR, si bien existe una enorme diversidad entre ellas en la forma de declararlas ya que algunas comunidades lo hacen por términos municipales completos, mientras que otras declaran terrenos considerados monte según diferente legislación.

Por otra parte, las comunidades autónomas, dentro de su marco competencial, tienen atribuidas la dirección y coordinación específica de las emergencias de **protección civil** que se produzcan en sus ámbitos territoriales, en desarrollo de sus correspondientes **Planes Territoriales de Emergencia de Protección Civil**, una vez que éstos son homologados.

Los Planes de cada Comunidad Autónoma establecen los mecanismos y procedimientos de coordinación con los planes de ámbito estatal. Por ello, previa a su implantación y entrada en vigor, los Planes han de ser homologados por la *Comisión Nacional de Protección Civil*. Todas las comunidades autónomas tienen aprobado su correspondiente Plan Territorial autonómico, de aplicación para afrontar aquellos riesgos que no sean objeto de plan especial.

Para hacer frente al riesgo específico de los incendios forestales todas las comunidades autónomas han aprobado **Planes Especiales de Emergencias por incendios forestales** (INFO). Estos planes contemplan las acciones a llevar a cabo en caso de incendio, incluyendo el análisis del riesgo, la zonificación del territorio, los niveles de gravedad del incendio y la estructura organizativa y los protocolos de coordinación para la extinción.

Finalmente, algunas comunidades autónomas han desarrollado **instrumentos de planificación de carácter estratégico**, es decir, donde se incluyen medidas de prevención, sistemas de

detección, participación de la sociedad, directrices para la restauración de áreas quemadas incluso acciones de I+D.

En Asturias el instrumento de planificación básica en materia de Protección Civil es el PLATERPA, **Plan Territorial de Protección Civil del Principado de Asturias**, homologado por la Comisión Nacional de Protección Civil el 29 de noviembre de 2013. El PLATERPA actúa como Plan Director, constituyendo la base para el desarrollo de otros Planes que hacen referencia a riesgos específicos como los incendios forestales.

En materia específica de incendios forestales, el principal instrumento de planificación de Protección Civil es el **Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales del Principado de Asturias**, INFOPA, homologado por la Comisión Nacional de Protección Civil el 14 de diciembre de 2001. La última revisión del INFOPA se realizó en 2009. En la actualidad, el INFOPA se está sometiendo a una profunda actualización derivada de la aprobación de la nueva Directriz Básica y del Plan Nacional de emergencias por incendios forestales.

Las determinaciones y organización del INFOPA se complementan con planes de actuación municipales o de otras entidades locales y de zonas de riesgo específicas, para actuaciones en caso de incendio forestal.

2.3. El IGP en la normativa.

2.3.1. Determinaciones de la Directriz Básica de 2013.

Una de las novedades de la vigente Directriz Básica es el desarrollo del denominado Índice de Gravedad Potencial de un Incendio Forestal (IGP), concebido como un indicador de los daños que se prevé que puede llegar a ocasionar un incendio forestal, dadas las condiciones en que se desarrolla. El IGP sustituye a los niveles de gravedad potencial de la anterior Directriz Básica.

La finalidad del IGP es disponer de una herramienta para facilitar una movilización eficaz y coordinada de los medios y recursos de extinción; y priorizar su utilización en situaciones de simultaneidad de incendios forestales.

Para el cálculo del IGP la Directriz Básica señala que podrán tenerse en cuenta, entre otras, las siguientes condiciones o variables:

- la topografía de la zona,
- las dimensiones del incendio,
- los combustibles existentes,

- las características de las masas forestales amenazadas,
- las infraestructuras de defensa contra incendios (cortafuegos, red viaria, reservas y puntos de agua, etc.),
- las condiciones meteorológicas reinantes (viento, temperatura, humedad relativa),
- posibles amenazas potenciales para personas no relacionadas con las labores de extinción,
- presencia de instalaciones e infraestructuras sensibles (tendidos eléctricos, gasoductos, carreteras principales...).

Aunque la Directriz Básica no incluye recomendaciones u orientaciones técnicas para el cálculo del IGP si determina los criterios de clasificación de los incendios estableciendo cuatro categorías:

- *Índice de Gravedad Potencial 0*: Referido a aquel incendio que, en su evolución más desfavorable, no supone amenaza alguna para personas no relacionadas con el dispositivo de extinción, ni para bienes distintos a los de naturaleza forestal, y bien el daño forestal esperable es muy reducido (por extensión del incendio o por las características de la masa afectada).
- *Índice de Gravedad Potencial 1*: Referido a aquel incendio que, en su evolución más desfavorable, se prevé, la necesidad de la puesta en práctica de medidas para la protección de personas ajenas al dispositivo de extinción o existan bienes aislados amenazados de naturaleza no forestal, como infraestructuras sensibles o redes de suministros; y el daño forestal esperable es considerable (por extensión del incendio o por las características de la masa afectada).
- *Índice de Gravedad Potencial 2*: Referido a aquel incendio que, en su evolución más desfavorable, se prevé que amenace seriamente a núcleos de población o infraestructuras de especial importancia, o el daño forestal esperable es muy importante (por extensión del incendio o por las características de la masa afectada), de forma que exijan la adopción inmediata de medidas para la atención y socorro de la población o protección de los bienes.
- *Índice de Gravedad Potencial 3*: Referido a aquel incendio en el que apreciadas las circunstancias anteriores en su índice máximo de gravedad, concurren otras sobre el dispositivo de extinción que imposibiliten la continuación de su labor encaminada al control del incendio.

2.3.2. *Determinaciones del Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales.*

El Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales establece un procedimiento para la difusión de información sobre los niveles de gravedad potencial de los incendios en la organización estatal recogidos en el apartado 5.2 del citado Plan.

En él se establece que la Administración Autonómica proporcionará al Gobernador Civil de la provincia en que se desarrolle el incendio o bien al representante del Ministerio de Justicia e Interior en el Comité de Dirección cuando se haya constituido un Centro de Cooperación Operativa Integrado (CECOPI), al menos para todos aquellos incendios con nivel de gravedad potencial 2, como mínimo la siguiente información:

- Datos generales sobre el incendio:
 - Provincia
 - Términos Municipales afectados
 - Día y hora de comienzo
 - Superficie afectada
 - Nivel de gravedad potencial
- Consecuencias acaecidas y previstas referidas a:
 - Víctimas
 - Evacuaciones (localidades y número de personas)
 - Cortes de carreteras
 - Cortes de vías férreas
 - Interrupción de servicios básicos (teléfono, electricidad, agua potable)
 - Otras consecuencias sobre personas no relacionadas con las labores de extinción y sobre bienes distintos a los de naturaleza forestal
- Medios utilizados en la extinción:
 - De la Comunidad Autónoma o de otras Administraciones Públicas que hayan sido asignados al Plan de Comunidad Autónoma
 - De Planes de Ámbito Local integrados en el Plan de Comunidad Autónoma
- Órgano que ejerce la dirección y coordinación de las actuaciones
- Previsiones sobre la evolución y control del incendio.

Toda esta información habrá de ser comunicada en el momento en que se atribuya una gravedad potencial 2 y tendrá que ser actualizada a medida que se produzcan modificaciones en la situación del incendio hasta que se declare controlado. En el caso de que el incendio se

prolongue a lo largo de los días habrá de actualizarse como mínimo una vez al día. Para la comunicación de dicha información se utilizarán los documentos denominados Parte de evolución y Parte de fin de episodio.

EL órgano receptor de la información será el encargado de transmitirla a la Dirección General de Protección Civil. Previo a ello deberá complementar la información contenida con los aspectos relativos a:

- Constitución de órganos de coordinación y transferencia de responsabilidades recogidos en la Directriz Básica apartado 3.6.1:
 - CECOPI
 - Comité de Dirección
 - Comité Asesor y Gabinete de Información
- Intervención de medios de las Fuerzas Armadas
- Intervención de medios del ICONA no asignados al Plan de Comunidad Autónoma
- Intervención de otros medios extraordinarios (estatales, de otras Administraciones o extranjeros)

Además de toda esta información periódica habrá de enviarse a la Dirección General de Protección Civil un resumen final del incendio cuando se considere extinguido.

Tabla 2: Valoración de los factores a incluir en el IGP

Factores Estructurales			
Factores	Variables	Descripción	Origen de los datos
Topografía	Pendiente	Pendiente del terreno	Capa GIS
	Exposición	Orientación del terreno	Capa GIS
	Accesibilidad	Acceso al incendio	Medición sobre el Terreno
Combustible	Combustibles	Características del Combustible Forestal	Capa GIS
	Continuidad	Continuidad de Combustible Forestal	Capa GIS
Valor añadido	Protección de espacios naturales	Estatus o Régimen de protección natural	Capa GIS
	Interés forestal	Prioridad de extinción de las Masas Forestales	Capa GIS
Factores Dinámicos			
Meteorología	Dirección del Viento	Dirección del viento en la zona del incendio	Medición Sobre el terreno
	Velocidad del Viento	Velocidad del viento en la zona del incendio	Medición sobre el terreno
	Temperatura	Temperatura del aire en la zona del incendio	Medición sobre el terreno
Índice de incendios		Índice diario de riesgo de incendios forestales. Valor comarcal	Datos externos
Afección a Elementos Críticos			
Edificaciones de Dificil Evacuación (E.D.E)		Presencia de elementos en el área de afección de incendio y/o futura progresión del mismo.	Capa GIS
Infraestructuras, Instalaciones y edificios de riesgo (I.I.E.R)			
Evacuación de Población			
Patrimonio Histórico-Artístico			

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

2.3.3. Determinaciones de la revisión del INFOPA.

El Índice de Gravedad Potencial, para su correcto desarrollo y que cumpla con su funcionalidad, ha de recoger una serie de factores del entorno de forma que se consiga el desarrollo del índice de una manera homogénea para todo el territorio con el objetivo de que puede ser comparable entre zonas alejadas y que el índice mantenga su veracidad. De este modo, el conjunto de variables que se introducen y analizan en la ejecución del cálculo de índice de Gravedad Potencial, son las recogidas en la Tabla 2.

Con el objetivo de que sea un índice homogéneo para la extensión del territorio hay que tener en cuenta todos los factores presentes en él. Para ello se clasifican estos factores en tres grandes grupos con el objetivo de recoger la mayor información acerca del territorio para poder realizar un análisis en el que participen todos los elementos presentes y capaces de influir tanto en el desarrollo del incendio así como en su extinción y en los daños que pueden llegar a causa.

El índice de Gravedad Potencial (IGP) es un valor numérico, resultado del sumatorio de las puntuaciones obtenidas en cada variable influyente, en función de la valoración otorgada a cada componente estructural y dinámica. Ambas componentes han sido valoradas en función de la gravedad de las condiciones del lugar en el que se origina el incendio en un rango de valores entre 1 y 5, ambos incluidos. A partir de la puntuación final obtenida, se clasifica la valoración del IGP en rangos de valores obteniendo se 4 niveles de gravedad para el índice. Dada la necesidad de valorar la afección a elementos críticos sobre el terreno, se clasificara con potencialidad severa todo incendio que pueda afectar a alguno de los elementos que componen los elementos críticos.

La clasificación propuesta para el nivel de gravedad potencial queda definida en el documento de revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del Plan de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales del Principado de Asturias redactado por el INDUROT y publicado por el Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA) por la que se definen los conceptos de Índice de Gravedad Potencial Bajo, Moderado, Alto y Severo como:

- Incendio de Gravedad Baja (6-12): Se consideren dentro de este tipo aquellos incendios que por su comportamiento y evolución no reviste gravedad para las personas, ni bienes de especial relevancia o valor ecológico.

- Incendio de Gravedad Moderada (13-26): Se consideran así aquellos incendios que por su comportamiento no revisten gravedad para las personas, aunque puede que sí para bienes de especial vulnerabilidad.
- Incendio de Gravedad Alta (27-42) Se considera así, a aquellos incendios que por su comportamiento revisten gravedad para las personas, además de para bienes de especialmente vulnerables.
- Incendio de Gravedad Severa (43-55): Se consideran así, aquellos incendios que por su comportamiento, revisten gravedad máxima para las personas, además de para bienes especialmente vulnerables. Siendo imprescindible la adopción de medidas de protección y socorro.

En el documento de revisión y actualización del riesgo de incendios forestales para la adaptación del Plan de Protección Civil de Emergencias en Incendios Forestales se propone una relación de factores estructurales, dinámicos y elementos críticos que deben ser tomados en consideración a la hora de obtener un valor final del índice que se pretende desarrollar.

Dado que en el mismo documento se propone que todos aquellos incendios que por su trayectoria de propagación posible pongan en peligro la vida de las personas, se ha tomado la decisión de adjudicar una valoración de gravedad severa a cualquier incendio al que se le otorgue una puntuación de 5 en alguno de las 4 tipos de elementos críticos analizados. Los rangos de puntuación del incendio, para cada una de las calificaciones finales, han sido modificados dado que el valor máximo que se introduce en el sumatorio final para los 4 tipos de elementos críticos es de 3. Esto es debido a que si recibe un puntuación de 5 automáticamente ese incendio recibe, como ya se especificó con anterioridad, una calificación de incendio de gravedad severa.

De este modo la valoración mínima del incendio será de 7 puntos debido a que la reclasificación de las variables temperatura, velocidad del viento, dirección del viento pendiente, exposición y riesgo de incendio adoptan valor mínimo de 1. De la misma manera la valoración máxima del incendio será de 75 puntos dado que cada variable adopta valor máximo de 5 puntos ($5 \times 15 = 75$). Ver Tabla 3 para ver la clasificación final

Tabla 3 Clasificación del valor de índice de gravedad potencial de los incendios forestales

Clasificación de la Gravedad Potencial de los Incendios Forestales	
Valor del índice	Clasificación
7-22	Baja
23-38	Moderada
39-54	Alta
55-75	Severa

3. PROCEDIMIENTO

3.1. Sistemas de Información Geográfica

Se entiende como Sistema de Información Geográfica (SIG), al conjunto de hardware, software, personal, datos geográfica y flujo de trabajo diseñado para capturar, almacenar, analizar, manejar, modelar y representar la información geográfica referenciada con el objetivo de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

La definición que integra todos los aspectos de los SIG es (ESRI, 1995;)

“Los SIG son un sistema organizado de equipo informático, software, datos geográficos y descriptivos así como diseños personales para hacer más eficiente la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y despliegue de todas las formas de información geográfica”

Se entiende por datos geográficos, a toda información que nos permite conocer lo que ocurre (qué) en una determinada posición en el espacio (dónde) de una determinada manera (cómo) y en un momento dado (cuándo). Por lo tanto son datos que llevan asociada una componente alfanumérica, utilizada para su cuantificación, así como una componente espacial utilizada para su localización en el espacio.

La razón por la que se utiliza un SIG para el propósito de este trabajo es la forma en la que se almacena la información dentro del software, así como la capacidad de resolver en un tiempo muy reducido un análisis multivariable muy complejo. Este, permite separar la información existente en diferentes capas y también almacenarlas de forma independiente, lo que permite el manejo de la información de manera rápida y sencilla. En este caso se recomienda para su implementación el constructor de modelos (*Model Builder*) en la versión 10.2.2 de ArcGIS® dado que este constructor de modelos es una herramienta de programación visual capaz de generar flujos de trabajo de geo-procesamiento, consiguiendo la automatización y documentación de análisis espacial y de administración de datos.

3.2. Factores para el cálculo del IGP.

Como se ha ido reflejando en los apartados anteriores son muchos los factores que intervienen y cada uno a su vez presenta varias variables que han de tenerse en cuenta a la hora de poder analizar la potencialidad de los incendios forestales.

Dado el número elevado de variables y la distinta naturaleza que posee cada una, se han agrupado las variables siguiendo el modelo propuesto en el documento de revisión del INFOPA en tres grandes grupos: Estructurales; Dinámicos; Elementos críticos. Dichos grupos están a su vez divididos. En los factores estructurales se han dividido a su vez en otros tres grupos que analizan todos los aspectos del terreno y el vuelo. Por un lado están las variables topográficas, que definen el terreno en términos de pendiente, orientación y accesibilidad dado que son características del terreno. Por otro lado están las variables del combustible existente en el terreno que son: la combustibilidad de la cobertura vegetal así como la continuidad del mismo. Por último y ligada al grupo anterior están las variables que describen el valor añadido de la vegetación analizando si pertenecen a alguna zona de protección de espacios naturales y también el interés forestal.

Por otro lado están los factores dinámicos definidos así dada su naturaleza cambiante en periodos cortos de tiempo. Este grupo se divide a su vez en las variables referidas a aspectos meteorológicos como son: la Temperatura, la velocidad del viento y la dirección del viento. Fuera de las variables meteorológicas pero aun dentro de los factores dinámicos se ha incluido el Índice de Riesgo de incendio diario dado que es el INDUROTE el encargado de calcular el índice diario de dicho índice.

Por último están los factores denominados elementos críticos. Este grupo está reservado a clasificar los diferentes edificios, infraestructuras, instalaciones etc. Se ha dividido en cuatro grupos según se propone en el documento de revisión del INFOPA. En el primer grupo se abarcan los Edificios de Difícil Evacuación (E.D.E). El segundo grupo abarca los edificios infraestructuras e instalaciones de riesgo (I.I.E.R). El tercer grupo abarca las zonas de Evacuación de la Población (E.P). Y por último las zonas denominadas como Patrimonio Histórico o Artístico (P.H.A)

Siguiendo las orientaciones metodológicas de los documentos técnicos y normativos, se valoran las variables en tres clases a las que se les asigna puntuaciones de 1,3 ó 5 según contribuyan en mayor o menor medida a la potencial gravedad del incendio atribuyendo el valor 5 cuando su influencia sea muy alta y 1 cuando sea baja.

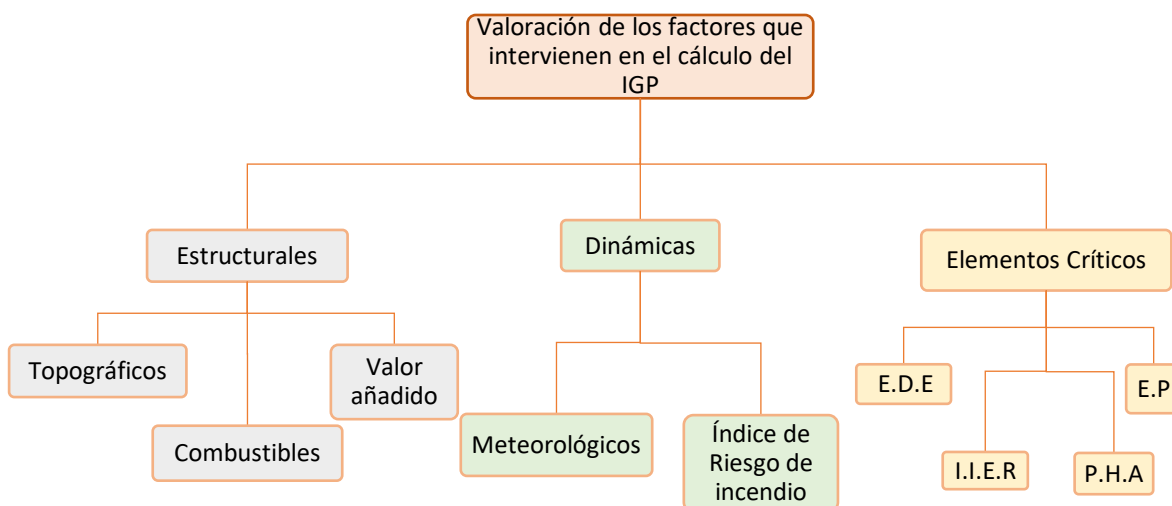


Figura 4 Clasificación de los factores a Valorar

3.2.1. Valoración de los factores estructurales.

Dentro de los factores estructurales, se abordarán tres tipos de factores: topográfico, combustible y valor añadido. Estos a su vez están compuestos cada uno por varias variables que han de ser analizadas.

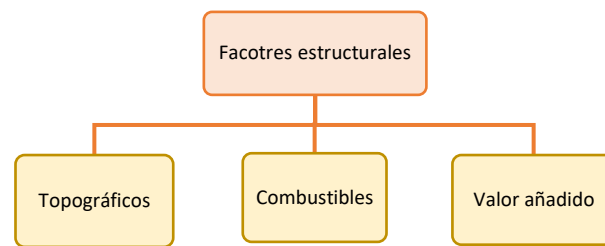


Figura 5: Cuadro de síntesis de los Factores estructurales.

Los factores estructurales topográficos juegan un papel crucial en la propagación de los incendios forestales analizándose la topografía en términos de pendientes del terreno, exposición y accesibilidad. Son los factores más constantes y más en el Principado de Asturias que se caracteriza por tener un relieve quebrado con pendientes pronunciadas teniendo una pendiente media en la Provincia del 33% y teniendo más de la mitad del territorio una pendiente superior al 30%. A su vez debido a las características de relieve y su situación en la península hacen que sea una de las Provincias con mayor superficie cubierta por vegetación de todo el país. Esto junto con el abandono que sufren los montes hoy en día debido al éxodo rural y a la falta de costumbre de aprovechamiento de los montes hace que los montes se encuentren repletos de combustibles potencialmente peligrosos en el caso de que se produzca un incendio. Dentro del factor de los combustibles, se analizará más adelante tanto los tipos de combustibles existentes como la continuidad de los mismos que son ambos elementos clave a analizar a la hora de enfrentarse a un incendio forestal.

Por último, dentro de estos factores estructurales entra en juego la importancia ecológica, cultural y económica del Principado de Asturias que por su diversidad biológica es objeto de protección y por su potencialidad de producción forestal es objeto de explotaciones forestales como motor de la economía de las zonas rurales. Por lo tanto se afrontaran de la protección de espacios naturales en la Provincia así como el interés forestal que tiene cada zona.

3.2.1.1. Variables consideradas para la valoración del factor topográfico.

Dentro de la caracterización topográfica, se valorará y clasificará los diferentes valores de pendiente del terreno, exposición y accesibilidad en toda la extensión del territorio de Asturias.

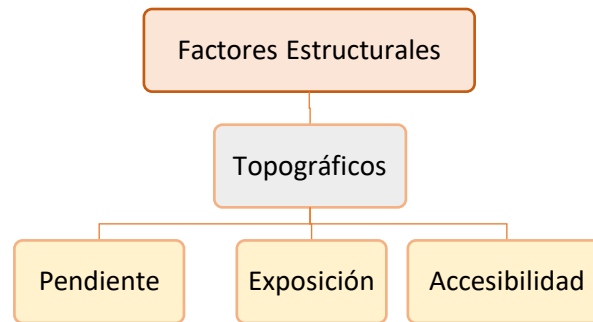


Figura 6: Variables topográficas a valorar.

La pendiente es, de las tres componentes topográficas, la más importante ya que los cambios en la misma producen efectos directos en el comportamiento del fuego. Como se ha mencionado con anterioridad, más de la mitad de la superficie de la Provincia presenta una pendiente de más del 30% existiendo únicamente zonas llanas en las zonas del litoral y siendo escasas. Las pendientes tan cambiantes tienen a su vez orientaciones muy diversas que es otro de los factores a tener en cuenta a la hora de analizar la posibilidad de que la topografía de la zona favorezca a la propagación de los incendios. La orientación de las laderas tiene un papel crucial en términos de tipo de suelo, humedad del mismo, tipo de vegetación y estado de la misma debido a las horas de radiación solar que recibe dada su orientación. Todo ello juega un papel crucial a la hora de que se propague un fuego a mayor o menor velocidad y también en la dificultad de su extinción.

A su vez dado los niveles de pendientes, la accesibilidad juega un papel importante dada las condiciones de relieve presentes en la provincia y unido al abandono de los montes en los últimos años hace que sea un factor crucial a la hora de poder controlar un incendio.

Para la cuantificación de la accesibilidad es necesario valorar la posibilidad de circular con los medios disponibles campo a través. La posibilidad de avanzar de este modo podría cuantificarse mediante un análisis a través de las capas de modelos de combustible, pendiente del terreno y rugosidad. El problema por el cual no se ha incluido la accesibilidad como variable a calcular por esta herramienta es la imposibilidad de conocer, a nivel de la extensión del Principado de Asturias, de datos debidamente actualizados de las construcciones e infraestructuras a pequeña escala. Por ello, la veracidad del análisis será muy baja y el resultado no reflejará la realidad de la situación. A su vez el tipo de suelo es otro de los factores limitantes a la hora de avanzar así como la existencia de la vegetación y sus

características. A todo esto se le une la falta de información digital a cerca de los caminos, pistas forestales y cortafuegos que en cuanto a extinción de incendios se refiere juegan un papel muy importante a la hora de desplazarse hasta las zonas afectadas y las zonas potenciales para la extinción del mismo.

Dada la imposibilidad a día de hoy de incorporar esta variable en el cálculo automático del Índice de Gravedad Potencial desarrollado, se propone su valoración sobre el terreno para poder incluirlo como variable en el sumatorio del índice. Esta propuesta se basa en que el la valoración de la accesibilidad, por los equipos de extinción, tiene mayor veracidad dado que el reconocimiento de la situación es in situ y del conocimiento que los equipos de extinción tienen de la capacidad de avance de los medios de los que disponen.

Por último, para la cuantificación y clasificación de dichas variables en el toda la extensión del territorio se han desarrollado capas a partir del Modelo Digital del Terreno disponible en la página web del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Este modelo digital de terreno se ha construido con un tamaño de pixel de 5 metros construido a través del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) referido al Sistema Geodésico de Referencia ETRS89 en la Península y al REGCAM95 en el Archipiélago canario. Todos los modelos derivados han sido construidos a partir de este modelo digital del terreno por lo tanto todos conservan el nivel de resolución y el sistema de referencia descrito.

3.2.1.1.1. Valoración de la pendiente del Terreno.

El primer factor a analizar es la orografía del terreno en el lugar en el que se produce un incendio forestal ya que tiene una influencia indudable en la propagación del fuego. Partiendo del Modelo Digital del Terreno descrito en el apartado anterior se puede obtener un modelo derivado en el que se represente la pendiente del terreno. Esta pendiente del terreno será objeto de una clasificación en función del valor de la pendiente en porcentaje, dividiendo los valores porcentuales de la pendiente en tres clases que corresponderán a la interpretación de la pendiente como suave, media o fuerte. Esta clasificación anterior es la propuesta en el documento de revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adopción del Plan de protección Civil de Emergencias para incendios forestales en concordancia con las experiencias aportadas por el departamento de bomberos de Asturias.

A cada una de estas clasificaciones se les atribuirá un valor numérico, valor de índice, que será el que se introduzca en el sumatorio de todas las variables influyentes en la obtención final del

valor del Índice de Gravedad Potencial. Los valores de índice atribuidos a cada una de las clasificaciones están reflejados en la tabla 3.

Tabla 4: Valoración de la Pendiente del factor topográfico

Factores	Variables	Valor IGP		
		1	3	5
Topografía	Pendiente	Suave	Medio	Fuerte
		(<10%) y/o terreno aledaño poco accidentado	(10-45%) y/o terreno aledaño ondulado-accidentado	(>45%) y/o terreno accidentado - escarpado

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

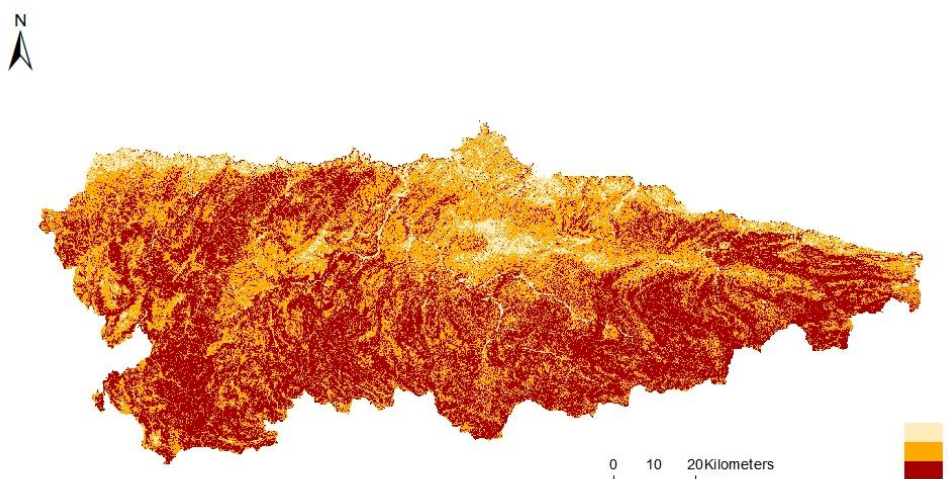


Figura 7 Mapa de Pendientes reclasificadas utilizado en la aplicación

3.2.1.1.2. Valoración de la orientación del Terreno

La segunda variable a analizar dentro de los factores topográficos y que también representa una fuerte repercusión en términos de la propagación del fuego, es la exposición de la superficie del terreno a lo largo del Principado de Asturias. Utilizando nuevamente el modelo de elevaciones de 5 metros de resolución, se puede obtener un modelo derivado en el que se representen las orientaciones. Éstas serán divididas en 4 rangos correspondientes a: Planos; Norte; Este/Oeste; Sur. Una vez más se han seguido las indicaciones de clasificación reflejadas en el Plan de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales. A su vez, una vez sintetizado el modelo de orientación, se procede a la clasificación atendiendo a la influencia

de la orientación en términos de humedad y temperatura. Así pues una zona orientada al norte siempre presentara mayor humedad y menos horas de insolación por lo que será menos propensa a favorecer la propagación del fuego en comparación con una zona orientada al sur.

Atendiendo a lo anterior se les atribuirá un valor numérico o valor de índice que será introducido en el sumatorio final para la obtención del índice objeto de este trabajo. Este valor de índice está comprendido entre 0 y 5, correspondiendo su mínimo valor a las zonas planas a los que ArcGIS® atribuye un valor de “-1”. La zona correspondiente a la orientación Norte (315-45 grados) se le atribuye una valoración de índice 1, a la zona correspondiente a la orientación Este/Oeste se le atribuye una valoración de 3 y a la zona correspondiente a la orientación Sur (135-225 grados) se le atribuye una valoración de índice de 5.

Tabla 5: Clasificación de la Orientación en valores de IGP.

Factor estructural Topográfico Orientación		
Clasificación grados	Correspondencia	Valor índice
-1	Planos	0
315-45	Norte	1
45-135 y 225-315	Este/Oeste	3
135-225	Sur	5

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)



Figura 8: Mapa de Orientaciones Reclasificadas utilizado en la aplicación.

3.2.1.2. Valoración considerada para el análisis de los combustibles.

En este apartado se abordarán las variables que componen el segundo factor estructural que como se mencionó con anterioridad son los combustibles.

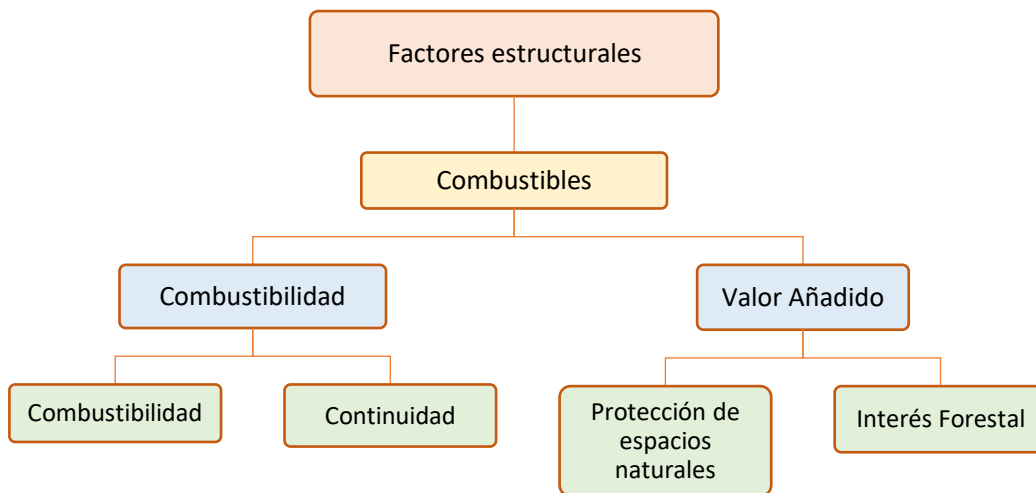


Figura 9: Esquema de las variables de los Combustibles.

El primer factor relativo a los combustibles es la combustibilidad de los mismos. Para su cálculo se parte de los modelos de combustibles mayoritarios de la tesela siguiendo el modelo establecido por (R. C. Rothermel, 1972) en el que se distinguen 13 modelos de combustibles clasificados a su vez en 4 grandes grupos. Estos 4 grandes grupos atienden a la naturaleza de la

vegetación dividiéndose en pastos, matorrales, hojarasca bajo arbolado y restos de cortas y operaciones silvícolas. Este modelo fue adaptado por la Dirección General del Medio Natural y política Forestal del ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino para el Mapa Forestal de España a escala 1.25.000 (MFE25).

Para la utilización de estos 13 modelos de combustibles en el desarrollo del índice de gravedad potencial, se clasifican estos modelos en 3 grupos, según lo propuesto por el documento técnico para la revisión del INFOPA, a los que se les atribuye los niveles de combustibilidad baja, media y alta. A su vez a cada uno de estos tres niveles se les atribuye un valor numérico o valor de índice que será el introducido en el cálculo de sumatorio final que proporciona un valor único del IGP. Dado que se dispone de una capa de distribución de los combustibles desarrollada por el INDUROT en función de los modelos de combustible propuestos por R.C. Rothermel, es posible su integración con el objetivo de clasificar estos modelos para atribuirles después un valor de entre 1 y 5 para ser este valor el integrado en el cálculo del IGP. Véase tabla 6 para la adjudicación de los valores de índice.

Tabla 6: Clasificación de combustibilidad en valores de IGP.

Factores	Variables	Valor del IGP		
		1	3	5
		Bajo	Medio	Alta
Combustible	Combustibilidad	(Modelos de combustible: 8, 9, 10, 11, 12, 13)	(Modelos de combustible: 2, 5, 7)	(Modelos de combustible: 1, 3, 4, 6)

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

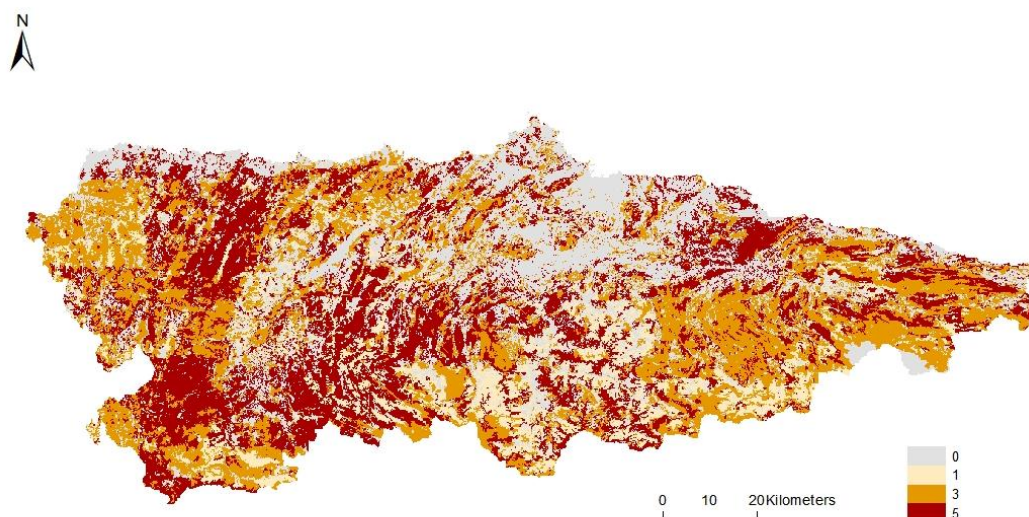


Figura 10: Mapa de Combustibilidad reclasificada utilizado en la aplicación.

3.2.1.2.1. Continuidad Vegetal

El segundo factor influyente en la caracterización de la continuidad es la cuantificación del valor porcentual de la zona que está cubierto por matorral y la presencia de focos secundarios a determinadas distancias del frente de las llamas. Estos tres parámetros se agrupan en tres niveles de continuidad siendo catalogados como nivel I, nivel II y nivel III, que es lo propuesto por en el Plan de Protección Civil de Emergencias, a los que se les atribuirá su correspondiente valor de índice que será el introducido en el sumatorio final para el cálculo del IGP.

Tabla 7 Clasificación de la continuidad vegetal en valores de IGP.

Factores	Variables	Valor IGP		
		1	2	5
Continuidad Vegetal	Continuidad	Nivel I	Nivel II	Nivel III
		(FCC arbolado y matorral < 33%, y/o 10 metros de distancia de focos secundarios del frente de llama)	(FCC arbolado y matorral 33-66%, y/o 10-100 metros de distancia de focos secundarios del frente de llama)	(FCC arbolado y matorral > 66%, y/o > 100 metros de distancia de focos secundarios del frente de llama)

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Por último, dada la existencia de un mapa de continuidad de la cubierta vegetal para el principado de Asturias desarrollado por el INDUROT se propone su utilización en el cálculo del IGP.

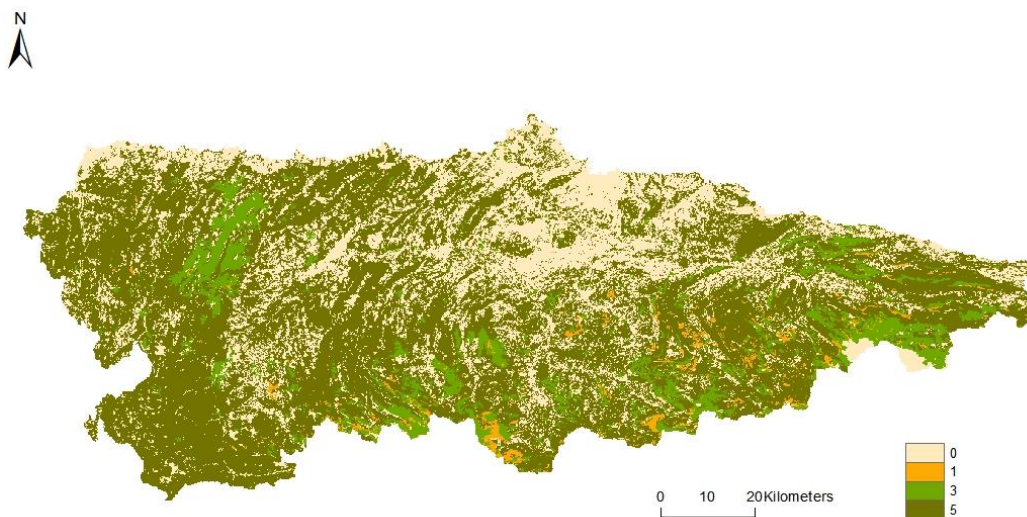


Figura 11: Mapa de continuidad vegetal reclasificado integrado en la aplicación.

3.2.1.3. Variables para la valoración del factor de valor añadido

Es este apartado se abarca el último de los factores interpretados como estructurales y que engloba el valor añadido del terreno ya sea por el interés forestal o por que exista algún nivel de protección en el entorno. Dado el valor ecológico, económico y social de los lugares aquí incluidos es necesaria su valoración junto con los demás aspectos estructurales ya mencionados.

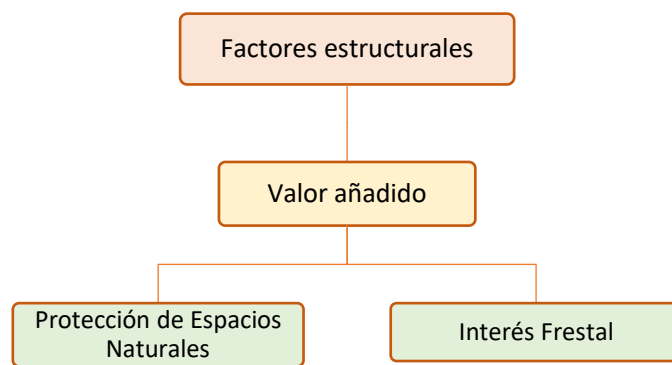


Figura 12: Esquema de valoración del valor añadido

3.2.1.3.1. Protección de espacios naturales

A la hora de caracterizar el valor añadido existente en el lugar del incendio, se valorará la existencia de figuras de protección de espacios naturales así como zonas de interés forestal.

Tabla 8: Clasificación de la Protección de espacios naturales en valores de IGP.

Factores	Variables	Valor del IGP		
		1	3	5
Valor añadido	Protección de espacios naturales	Bajo	Medio	Alta
		(1)	(2 y3)	(4 y5)

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Para el caso de la Protección de espacios naturales, se valora la vulnerabilidad de las superficies protegidas del Principado de Asturias compuestas por los espacios pertenecientes a la Red Natura 2000, Red Regional de Especies Naturales Protegidas (RRENPN) y Reserva de la Biosfera. Se valorarán atendiendo a los objetivos ambientales y de conservación diferentes para cada figura de protección, la pertenencia a varias figuras de protección y los diferentes regímenes de protección. Como resultado de esta clasificación, se obtiene un valor final que varía entre 1 y 20 que valora la pérdida potencial del patrimonio natural. A la hora de generar la capa de distribución de la vulnerabilidad por pérdida de patrimonio esos valores de vulnerabilidad se agruparon en 5 rangos vulnerabilidad. Esos 5 rangos serán clasificados a su

vez en 3 rangos, con el objetivo de atribuirles un valor de índice propuesto en el Plan de Protección Civil de emergencia por Incendios Forestales. Véase tabla 8.

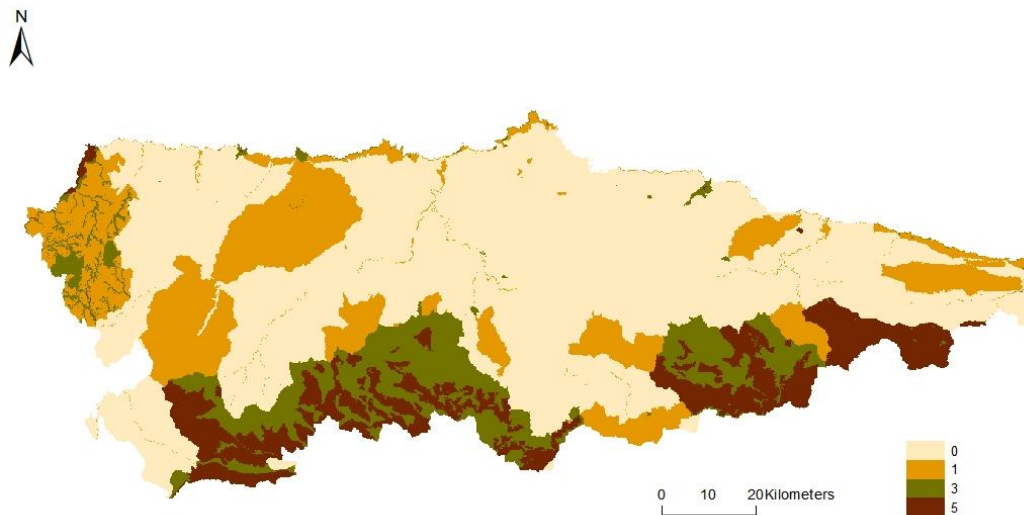


Figura 13: Mapa de los niveles de protección reclasificada incorporada en la aplicación.

3.2.1.3.2. Interés Forestal

Este segundo aspecto contemplado dentro del factor de valor añadido, tiene una gran repercusión dado que hoy en día la explotación forestal es una de las actividades reinantes en los montes de Asturias. Queda reflejado en el Cuarto Inventario Forestal Nacional que de la superficie del principado de Asturias, que supera el millón de hectáreas, el 73 % corresponde a un uso forestal, lo cual está muy por encima de la media nacional que es 55%. A pesar de que la superficie forestal en los últimos diez años, intervalo de tiempo entre los inventarios forestales nacionales, aumentó apenas un 1%, la densidad de árboles y el volumen de madera presente en los montes ha aumentado de un 24 a un 29%. Esta densificación de las masas forestales se entiende, desde el punto de vista de la extinción de incendios, en un aumento del combustible en nuestros bosques. Es por ello y dado el alto porcentaje de superficie forestal, que es objeto de estudio la influencia de los incendios en la pérdida de material forestal. De ahí que se incluya en el cálculo del índice la valoración del interés forestal.

Para su cálculo, el plan de Protección Civil de emergencias por Incendios Forestales establece una clasificación de la vulnerabilidad frente a las pérdidas que puede surgir en tres rangos correspondientes a los valores de interés forestal bajo, medio y alto. Para la cuantificación del interés forestal, en el Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT), se ha desarrollado una capa de interés forestal a nivel de Asturias.

Para proceder a la elaboración de la capa se atendió, por un lado, a la clasificación de valoración de prioridad-gestión por tipo de monte, atribuyendo el valor mínimo a propiedades privadas o particulares y el valor máximo para los Montes de Utilidad Pública (MUP). Se les atribuye el valor más alto a los anteriores debido a la inversión pública y su valor hidrológico así como la relevancia social que presentan. Por otro lado, se valoran las formaciones existentes a partir del análisis de la cobertura del Mapa Forestal de España a escala 1:25.000 de 2010 (MFE25) y se clasifican atribuyendo valores de 1 a 5. Se les atribuye el máximo valor a las masas puras de especies de coníferas y a repoblaciones de frondosas y el mínimo valor a coberturas poco valoradas como pueden ser canchales, zonas quemadas, acantilados, lagunas, marismas etc. Una vez clasificadas de las dos maneras expuestas en el párrafo anterior, se procede al cruce de las capas mediante un sumatorio para obtener 10 grupos de prioridad o interés forestal atendiendo al tipo de arbolado y tipo de monte. Estos grupos se organizan de tal forma que se les atribuye valor 1 a los de mayor interés y 10 a los de menor interés forestal. Esta capa es a su vez clasificada en cinco rangos de vulnerabilidad atribuyendo el valor más alto de vulnerabilidad a aquellos valores de prioridad más elevada.

Lo propuesto respecto a esta variable es establecer un valor de índice 1 a las zonas con interés forestal bajo, 3 a las zonas de interés forestal medio y 5 a las zonas de interés forestal alto. La capa existente atribuye valores de 1 a 5 por lo que habrá que agrupar las para ajustarlo a los tres rangos propuestos anteriormente.

Tabla 9: Clasificación del Interés Forestal en valores de IGP.

Factor	Variable	Valor IGP		
		1	3	5
Valor añadido	Interés	Bajo	Medio	Alta
	Forestal	(1)	(2 y 3)	(4 y 5)

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

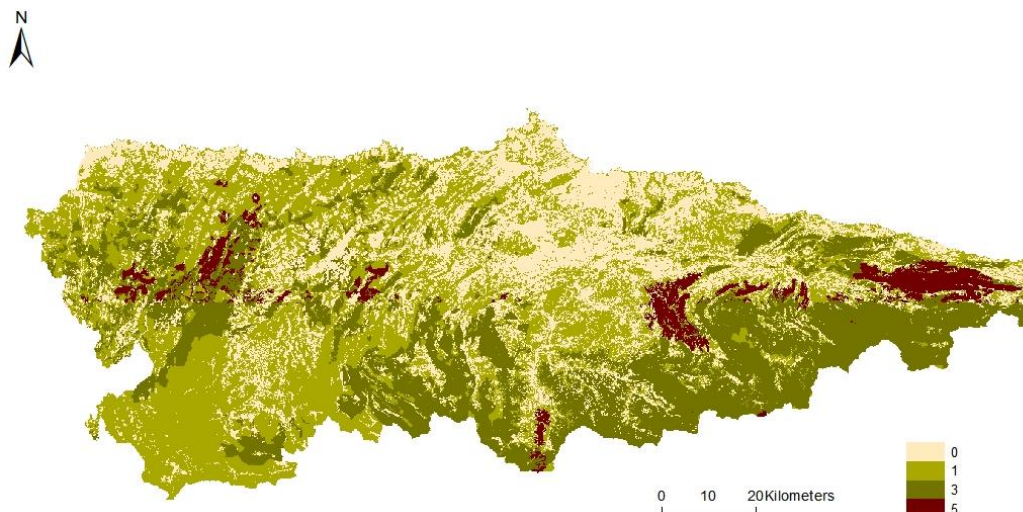


Figura 14: Mapa de Interés Forestal reclasificado incorporado en la aplicación.

En este apartado, se abarcan todos los factores dinámicos, incluyéndose dentro de este grupo, las características meteorológicas existentes en la zona recogidas en la Tabla 1. Los factores meteorológicos juegan un papel crucial en la extinción de incendios dado que tienen una influencia directa tanto en el comportamiento de los combustibles como en el comportamiento del propio incendio.

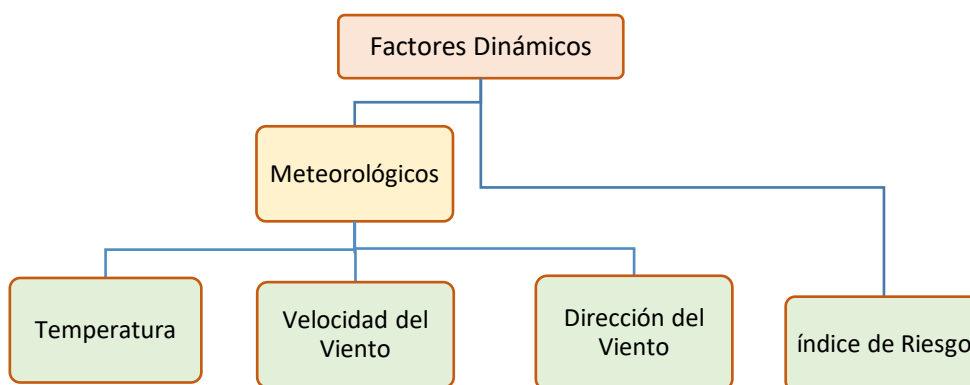


Figura 15: Esquema de valoración de los factores dinámicos

3.2.1.4. Caracterización meteorológica

Lo propuesto hasta ahora por el Plan de protección Civil de emergencias en Incendios Forestales consiste en la medición de los datos meteorológicos en el lugar en el que se produce el incendio. Una vez medidos, puede realizarse un post proceso para analizar su

influencia en la propagación del incendio que será clave para la toma de decisiones en términos de priorizar la distribución de los medios de extinción en los casos en los que se produzcan incendios de manera simultánea.

Los datos meteorológicos de interés son, en este caso, la dirección del viento, la velocidad del viento y la temperatura. Cada una de estas variables será cuantificada y agrupada en rangos para después poder asignarle a cada rango un valor de índice.

3.2.1.4.1. Dirección del viento

Al igual que la pendiente, el viento contribuye directamente a la propagación de los incendios forestales, radiando los combustibles existentes alrededor debido a la inclinación en dirección del viento del frente de llamas con el consiguiente precalentamiento del frente. Además, presenta otro efecto que es el de facilitar el transporte de pavesas por delante del frente produciendo los conocidos saltos de fuego que aceleran el avance del incendio en dirección del viento.

En el caso de la dirección del viento se opta por hacer una clasificación en 8 rangos debido a que se utilizará con posterioridad para analizar la afección a elementos críticos (ver apartado 3.2.3), por lo que interesa establecer rangos pequeños para poder así acotar con mayor precisión la coincidencia de la dirección del viento junto con la orientación de los equipamientos que puedan verse afectados. La atribución a cada rango de su valor de índice se hace atendiendo a las condiciones de humedad del aire de las distintas procedencias y su efecto en la humedad del combustible.

Tabla 10: Clasificación del Factor Dinámico Meteorológico: Dirección del Viento.

Factor Dinámico. Meteorología. Dirección del viento		
Clasificación grados	Correspondencia	Valor índice
0 - 22,5	Norte	1
22,5 - 67,5	Noreste	3
67,5 - 112,5	Este	4
112,5 -157,5	Sureste	5
157,5 -202,5	Sur	5
202,5 -247,5	Suroeste	5
247,5 – 292,5	Oeste	4
292,5 – 337,5	Noroeste	3
337,5 - 360	Norte	1

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Este valor de índice está comprendido entre 0 y 5, correspondiendo su mínimo valor a las zonas planas a los que ArcGIS® atribuye un valor de “-1”. La orientación Norte, abarca desde los 337,5 grados hasta los 22,5. A estas orientaciones se les atribuye un valor de índice 1. La orientación Noreste, abarca desde los 22,5 grados hasta los 67,5 siendo atribuido a esta orientación un valor de índice de 3. La orientación Este comprende desde los 67,5 hasta 112,5 grados, siendo atribuidos a esta orientación un valor de índice 4. La orientación Sureste comprende desde los 112,5 hasta los 157,5 siendo atribuido a esta un valor de índice 5. La orientación Sur comprende desde 157,5 hasta 202,5 grados, siendo atribuido a esta un valor de índice 5. La orientación Suroeste comprende desde los 202,5 hasta los 247,5 grados, siendo atribuido a esta un valor de índice de 5. La orientación Oeste comprende desde los 247,5 hasta los 292,5 grados, siendo atribuido a esta un valor de índice de 4. La orientación Noroeste comprende desde los 292,5 hasta los 337,5 grados, siendo atribuido a esta un valor de índice 3.

La asignación de los respectivos valores de índice a cada componente direccional del viento, ha sido realizada teniendo en cuenta las características de temperatura y humedad que suelen reinar en dichas direcciones. Así pues el viento procedente del sur será siempre más seco y de presentará mayor temperatura que el viento procedente del norte, y por ello favorecerá más la propagación del incendio ya que produce el precalentamiento de los combustibles y disminuye la humedad en el ambiente.

3.2.1.4.2. Velocidad del viento

La velocidad del viento se divide en tres rangos. Estos rangos valoran la velocidad del viento como baja, media y alta. Dentro del rango de velocidades bajas se incluyen todos aquellos valores de velocidades del viento inferiores a 10 km/h; El rango medio comprende velocidades del viento mayores a 10 km/h e inferiores e iguales a 29 km/h y por último, el rango alto comprende velocidades mayores o iguales a 30 km /h según los criterios establecidos en la llamada Regla de los 30, que tiene de carácter general en términos de extinción de incendios (Vélez, 2000), que valoran que los vientos iguales o superiores a 30 km/h en términos de extinción de incendios, tienen unas consecuencias fatales.

Tabla 11: Valores de índice para la Velocidad del Viento

Meteorología. Velocidad del Viento		
Valor del Índice		
1	3	5
Velocidad Baja	Velocidad Media	Velocidad alta
Valores <= 10km/h	Valores >10km/h y <=29km/h	Valores =>30km/h

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

3.2.1.4.3. Temperatura

Por último el valor de la temperatura, que también se divide en baja media y alta atendiendo una vez más a las especificaciones generales de la llamada Regla de los 30 de que por encima de 30 grados centígrados, incluido este valor, los efectos de esta variable en términos de extinción de incendios tienen unas consecuencias fatales. Por ello, al rango de temperaturas bajas le corresponden todos los valores de temperatura inferiores o iguales a 10 grados centígrados, recibiendo un valor de índice igual a 1. Para el rango de temperaturas

intermedias, se incluirán en este todos los valores comprendidos entre 10 y 29 grados centígrados estando incluido el valor superior en el rango y recibirán un valor de índice de 3. Y por último, en el rango de temperaturas altas quedan recogidas todas aquellas que sean mayores o iguales a 30 grados centígrados y recibirán un valor de índice de 5.

Estos valores de índice atribuidos a cada uno de los grupos será el introducido en el cálculo final de IGP.

Tabla 12: Valor de índice para la variable Temperatura.

Meteorología. Temperatura		
Valor del Índice		
1	3	5
Temperatura Baja	Temperatura Media	Temperatura Alta
Valores $\leq 10^{\circ}\text{C}$	Valores >10 y $\leq 29^{\circ}\text{C}$	Valores $\geq 30^{\circ}\text{C}$

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

3.2.1.5. Índice de Riesgo Incendios

Se ha desarrollado para Asturias, por parte de la compañía *Meteorológica*, un índice de riesgo de incendio, que a partir de 2012 es el INDUROT el responsable del mismo. Este índice consiste en una combinación del índice canadiense (FWI) junto con una estimación de la probabilidad de incendio, estimada a partir de la recurrencia de incendios por mes. Este índice es dividido a su vez en rangos de 0 a 5 correspondientes a las clases de riesgo y ajustándose a los valores de que reciben todas las variables en el cálculo del índice de gravedad potencial.

El índice Canadiense FWI es un sistema de seguimiento diario del peligro meteorológico de incendio forestal. Ha sido actualizado a lo largo de los años desde su primera versión en 1969 hasta su última versión en 1987 por el Servicio Canadiense Forestal. Este índice se basa en el contenido de humedad del combustible forestal y del viento en la conducta del fuego y cabe destacar que es uno de los índices más empleados a nivel mundial para predicción de riesgos de incendio. En su cálculo, intervienen seis índices. Tres de ellos cuantifican la humedad de la superficie, del combustible y los otros tres índices cuantifican la propagación del fuego.

En Asturias, se han delimitado 15 comarcas forestales para las que se calcula el índice de riesgo de incendios. Una vez obtenido el valor por comarca forestal, se calcula el valor para todo el Principado de Asturias como media de los índices de cada comarca forestal delimitada. Las comarcas forestales delimitadas, son las siguientes:



Figura 16: Comarcas Forestales de Asturias.

Tabla 13: Extensión de las comarcas forestales.

ID Comarca	Comarca Forestal	Concejos
1	Belmonte	Belmonte de Miranda; Salas; Somiedo
2	Cangas del Narcea	Cangas de Narcea; Degaña; Ibias
3	Cangas de Onís	Amieva; Cabrales; Cangas de Onís; Parres; Onís; Peñamellera Alta; Piloña; Ponga
4	Gijón	Avilés; Carreño; Corvera de Asturias; Gijón; Gozon
5	Grado	Grado; Proaza; Quirós, Santo Adriano; Teverga, Yermes y Tameza
6	Grandas de salime	Allende; Grandas de salime; Illano; Pesoz
7	Pola de Laviana	Caso; Langreo; Laviana; San Martín de Rey Aurelio; Sobrescobio
8	Pola de Lena	Aller; Lena; Mieres del Camino; Morzín; Ribera de Arriba; Riosa
9	Llanes	Llanes; Peñamellera Baja; Ribadedeva; Ribadesella
10	Luarca	Coaña; El Franco; Valdés; Navia; Tapia de Casariego; Villayón
11	Pravia	Candamo; Castrillón; Cudillero; Illas; Llanera; Muros del Nalón; Pravia; Las Regeiras; Soto del Barco
12	Pola de Siero	Bimenes; Noreña; Nava; Oviedo; Sariego; Siero
13	Tineo	Tineo
14	Vegadeo	Boal; Castropol; San Martín de oscos; Santa Eulalia de Oscos; San Tirso de Abres; Taramundi; Vegadeo, Villanueva de Oscos
15	Villaviciosa	Cabranes; Caravia; Colunga; Villaviciosa

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Para la incorporación de este índice en la herramienta es necesario generar una capa vectorial de comarcas forestales con el objetivo de poder identificar en qué comarca se encuentra el incendio y así después poder introducir el valor correspondiente al índice de riesgo de incendio de esa comarca para ese día.

Así pues, una vez se tiene el valor del índice para las comarcas forestales, de esos 6 rangos en los que se divide el índice, se agruparán a su vez en tres para introducirlos en el sumatorio final del cálculo del índice de gravedad potencial como se ha venido haciendo con las demás variables.

Para su incorporación en el modelo, dado que es responsabilidad del INDUROT el cálculo del índice riesgo para cada comarca, se propone la generación de un archivo de excel en formato separado por comas (.csv) que se introducirá en la herramienta como parámetro

inicial junto con los datos medidos en campo haciendo que su incorporación en el cálculo sea automático.

Se propone una estructura a mantener en el fichero que contiene la información del índice de riesgo por incendio con el objetivo de que sea compatible con el procesamiento que realiza la herramienta para leer el fichero. Por ello el fichero ha de disponer de tres columnas. La primera ha de corresponder al identificador de la comarca; La segunda al nombre de la comarca forestal; La tercera corresponderá al valor de índice de riesgo por incendio.

3.2.2. Valoración de la afección a elementos críticos

Los factores presentes en este grupo, han de ser valorados sobre el terreno. Entre ellos se incluyen todas aquellas zonas denominadas como edificios de difícil evacuación (E.D.E); Infraestructuras, Instalaciones y edificios de riesgo (I.I.E.R); La evacuación de la población y el Patrimonio Histórico-artístico.

La valoración que realiza el Plan de Protección Civil de Emergencias en Incendios Forestales es que si existe la posibilidad de una potencial afección a cualquiera de los elementos citados anteriormente, automáticamente el incendio será catalogado como incendio de gravedad severa.

Para el análisis de la afección a dichos elementos críticos se propone la utilización de una capa vectorial de polígonos continuos del Sistema de información de Ocupación del Suelo (SIOSE) donde se recogen todos los equipamientos existentes en el Principado de Asturias dada la imposibilidad de disponer de una capa de edificaciones individuales actualizada año a año.

Esta capa procedente del SIOSE tiene una clasificación de equipamientos que a su vez se ha clasificado en los cuatro tipos de elementos críticos atendiendo a la descripción de cada uno esos elementos críticos recogido en el documento del Plan de Protección Civil de Emergencias por Incendio Forestal (INFOPA).

Tabla 14: Elementos críticos de difícil evacuación.

Elementos críticos	
	➤ Campings
	➤ Cementerio
	➤ Deportivos
	➤ Educativos
Edificios de difícil Evacuación (E.D.E)	➤ Parque Recreativo
	➤ Parques Urbanos
	➤ Penitenciario
	➤ Residencias Geriátricas
	➤ Sanitarios

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Tabla 15: Elementos críticos I.I.E.R

Elementos críticos	
	➤ Aeroportuario
	➤ Agrícola, Ganadero
	➤ Agrícola Residencial
	➤ Comercial y Oficinas
	➤ Complejo Hotelero
Infraestructuras,	➤ Depurados y
Instalaciones y	potabilizadoras
Edificaciones de	➤ Eléctrica
Riesgo (I.I.E.R)	➤ Energético sin
	especificar
	➤ Eólica
	➤ Hidroeléctrica
	➤ Huerto Familiar
	➤ Industrial aislado
	➤ Minero Extractivo
	➤ Mosaico Agroganadero
	➤ Piscifactoría
	➤ Polígono Industrial
	ordenado
	➤ Polígono Industrial sin
	ordenar
	➤ Portuario
	➤ Telecomunicaciones
	➤ Vertederos y
	escombreras

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Tabla 16: Elementos críticos De Población.

Elementos críticos	
Evacuación de la Población	➤ Asentamiento Agrícola residencial
	➤ Urbano
	➤ Urbano Disperso
	➤ Urbano sin clasificar

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Tabla 17 Elementos Críticos de Patrimonio Historio

Elementos críticos	
Patrimonio	➤ Cultural
Histórico y Artístico	➤ Religioso

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Con respecto a los E.D.E. se consideran los edificios de difícil evacuación que estén en el área de afección del incendio y/o futura progresión del mismo. Dentro de este grupo están incluidas las áreas recreativas, los campings, hospitales, residencias geriátricas, colegios etc.

En el caso de que exista la presencia de cualquiera de los distintos tipos de elementos críticos contemplados, y que por la posible evolución del fuego haya que poner en práctica medidas para la protección de las personas y los bienes que pueden verse amenazados por el fuego, hace que este incendio adopte una gravedad severa.

Para poder valorar la posible afección, se propone tomar como una de las referencias la distancia existente entre el incendio y los equipamientos que se encuentran en sus

alrededores. Para una valoración más exhaustiva habrá que establecer rangos de distancia en función de los cuales se atribuirá un nivel de peligrosidad al incendio. Tabla 18. A parte de la distancia a la que se encuentre el incendio del equipamiento, también será de grave influencia que la posición del mismo este en mayor o menor medida en la dirección en la que sopla el viento. En dicho caso, la valoración de peligro se verá modificada, aumentando si la dirección del viento es coincidente o disminuyendo si la dirección del viento es opuesta. También hay que valorar el caso en el que el viento no sea ni coincidente ni opuesto en cuyo caso se aumentará el valor del peligro en un valor intermedio. Para poder atribuir un valor de índice a ese incendio hay que considerar todos los posibles casos, ya que si el viento sopla en la dirección de algún equipamiento el peligro será mucho mayor que si sopla en contra o en una dirección perpendicular.

Tabla 18: Valoración de la peligrosidad en función de la distancia a los equipamientos y dirección del viento

Análisis de la peligrosidad				
Distancia a los elementos críticos (m)	Valor de Peligrosidad	Dirección del Viento		
		Coincidente	Perpendicular	Opuesta
>1000	Muy Bajo (1)	Medio (3)	Bajo (2)	Muy Bajo (1)
<1000	Bajo (2)	Alto (4)	Medio (3)	Bajo (2)
<500	Medio (3)	Extremo(5)	Alto (4)	Medio (3)
<250	Alto (4)	Extremo(5)	Extremo(5)	Alto (4)
<100	Extremo (5)	Extremo(5)	Extremo(5)	Extremo (5)

Fuente: Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)

Dado que respecto a la extinción de incendios forestales, lo primero es salvaguardar las vidas humanas, cuando un incendio pueda afectar potencialmente a una construcción de las cuatro clases especificadas en Tabla 2 por su proximidad y la valoración dada debida a la coincidencia de su orientación respecto del frente de llama sea en la misma dirección en la que sopla el viento, a este incendio se le atribuirá una peligrosidad extrema por lo que pasará

automáticamente a tener un valor de índice de gravedad potencial máximo. En el caso en el que dos o más incendios coincidentes en el tiempo reciban esta valoración, será por decisión sobre el terreno de las personas responsables decidir a cual se le da prioridad dado que existen aspectos que no se pueden analizar como si la construcción que pudiera verse afectada está habitada en ese momento o incluso si está abandonada.

3.3. Desarrollo de las Aplicaciones

Con el objetivo definido, se ha diseñado una aplicación que permite calcular el valor del Índice de Gravedad Potencial a través del generador de automatización de tareas conocida como *Model Builder* para que sirva de apoyo en la toma de decisiones a la hora de movilizar eficaz y coordinadamente los medios de extinción de incendios en casos en los que se produzcan dos o más incendios simultáneamente y a su vez ha sido necesario desarrollar una herramienta similar para dar de alta los incendios, entendiendo por dar de alta, generar un registro por primera vez de un incendio.

3.3.1. Definición del intercambio de datos

A la hora de utilizar la aplicación se necesita cierta información que ha de ser medida *in situ* por el personal a cargo de la extinción de incendios. En primer lugar una vez se declara un incendio hay que notificarlo a la persona responsable del cálculo y seguimiento de la gravedad potencial del incendio. La notificación se realizará vía telefónica en la cual se habrá de dar información sobre el concejo y parroquia en la que se encuentre así como cualquier otra información relevante que ayude a poder aproximar al máximo la situación del incendio. Una vez se ha notificado se puede dar de alta el incendio generando así un identificador del incendio. Este identificador de incendio ha de ser comunicado al encargado de la extinción del incendio para que lo incluya en el parte de incendios que es una hoja de Excel junto con el resto de datos.

Este parte de incendios, está diseñada de manera que sólo los campos que han de ser cubiertos se puedan modificar y de tal forma que esos campos solo se pueden modificar mediante la elección de un valor de lista y no introducirlo manualmente que puede dar lugar a que se cometan errores. Se especifican las variables que han de ser medidas en campo e

incluye una tabla descriptiva de cómo han de ser valoradas esas variables. Esta hoja será remitida al responsable de extinción de incendios en campo que será el encargado de rellenar la información necesaria y de enviarla al centro responsable del cálculo del Índice de Gravedad Potencial.

Una vez recopilada la información necesaria en el campo se ha de enviar el parte de incendio de vuelta al encargado de realizar el seguimiento del incendio. Éste previo ejecución ha de convertir el documento a un archivo CSV (comma separated values) para que la aplicación pueda leer su contenido e interpretar la información. Una vez ejecutada la aplicación el resultado queda almacenado en una clase de entidad puntos (Point Feature Class) junto con el resultado de la salida de la aplicación de alta del incendio.

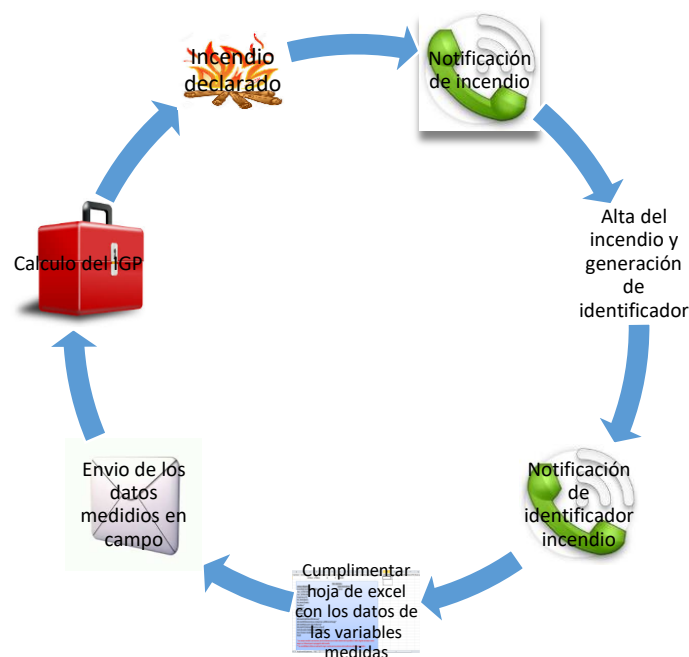


Figura 17: Descripción del flujo de intercambio de datos.

En este parte de incendio, se encuentran todas las variables necesarias para el cálculo, como son:

1. Coordenadas aproximadas del frente del incendio. Estas coordenadas han de ser medidas en el sistema de proyección ETRS89 UTM en el H30N.
2. Valor medido en campo de temperatura, velocidad del viento y dirección del viento en grados centígrados.

3. Valoración correspondiente a la pendiente existente, la orientación, la continuidad vegetal, la combustibilidad.
4. La accesibilidad al incendio con medios motorizados.
5. Las posibles afecciones a los distintos grupos de elementos críticos definidos en el apartado 3.3.1 de este documento.
6. Los campos de Fecha y Hora habrán de cumplimentarse con el siguiente formato:
 - a. Fecha : AñoMesDia
 - b. Hora: HoraMinutosSegundos
7. El campo observaciones el meramente informativo de la situación existente en ese momento.
8. El campo Estado hace referencia a la situación del incendio que puede tomar tres valores:
 - a. Activo
 - b. Controlado
 - c. Extinguido

Las variables del punto 3 al 5, habrán de recibir una valoración de entre 1, 3 y 5. Se le atribuyen estos valores en función de la influencia que suponga cada variable en la propagación del incendio. En el caso de la accesibilidad de le atribuirá un valor más elevado cuanto peor sea la posibilidad de acceder dado que será más complicado el acceder a él.

Por otra parte, en esta misma hoja de Excel existe un campo denominado *IncendioId* el cual será cumplimentado con el identificador de incendio que se le comunicará al responsable de extinción de incendios una vez se haya dado de alta el incendio con la herramienta. Este identificador consiste en un valor numérico compuesto por la fecha y hora completa en el que se da de alta de modo que siempre ha de tener 14 dígitos, 8 correspondientes a la fecha y 6 correspondientes a la hora (Ejemplo: 20160519184019 que corresponde al 19/05/2016 a las 18:40:19 horas). El campo denominado Evento, también presente en dicha hoja no habrá de ser cumplimentado, dado que será el programa el que lo obtenga durante el cálculo de índice de gravedad potencial. Para su obtención se realiza el mismo proceso que para el indicador del incendio quedando así un registro de evento diferente cada vez que se ejecute la aplicación para el mismo incendio para realizar el seguimiento hasta que se dé el incendio por controlado.

Dado que se incorpora como variable el Índice de Riesgo de Incendio, se ha generado otra hoja tipo, que habrá de ser recibida en el centro responsable del cálculo del incendio, al menos diariamente y si fuese necesario más de una vez al día ya que de esta hoja, se obtendrá el valor del riesgo de incendio durante la ejecución de la herramienta.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
IncendioId	Evento	Coor_X	Coor_Y	Temperatura	Vel_viento	Dir_viento	PendObser	ExpoObser	CombObser	ContObser	AccesObser	AfeccionEDE	AfeccionIIE	AfeccionEP	AfeccionPHC	Observa
		226788,23	4778042,1	35	8	180,34										

Tabla Explicativa

Campos Obligatorios:	Campos No Rellenar:
IncendioId (identificador recibido)	Evento
Coor_X (UTM H30N)	
Coor_Y (UTM H30N)	
Temperatura (°C)	
Vel_viento (km/h)	
Dir_viento (Grados)	
PendObser*	
ExpoObser*	
CombObser*	
ContObser*	
AccesObser**	
AfeccionEDE (Edificios Difícil Acceso)*	
AfeccionIIE (Infraestructuras, Instalaciones y Edificios de Riesgo)*	
AfeccionEP (Evacuación de la Población)*	
AfeccionPHC (Patrimonio histórico y cultural)*	
Fecha (Formato: AñoMesDía, sin separadores)	
Hora (Formato: HoraMinutos, sin separadores)	
Estado	

* Los campos marcados con asterisco, han de rellenarse con un valor numerico de los posibles. El valor elegido será mayor cuanto mayor sea influencia para la propagación del incendio.

** La accesibilidad, recibirá una valoración mayor cuanto peor sea el acceso al incendio con vehículos motorizados

Figura 18 Parte de Incendios diseñado para la recopilación de datos

Fuente:

3.3.2. Esquema de Geodatabase

Una Geodatabase es una estructura de agrupación, de almacenamiento y clasificación de datos nativa para ArcGIS®. Las geodatabases cuentan con un modelo de información integral para representar y administrar información geográfica. Una de las particularidades de los contenedores de almacenamiento de las geodatabases es que obligan a que lo contenido en un mismo almacén ha de estar representado en el mismo sistema de referencia evitándose problemas derivados. Este modelo de información integral se implementa como una serie de almacenes de distinta naturaleza en función del tipo de entidades que se van a almacenar en ellas como son las clases de entidad, los raster, tablas, gráficas etc.

3.3.2.1. Modelo de datos

Con el fin de almacenar toda la información requerida para el funcionamiento de la herramienta desarrollada, se ha creado un esquema de Geodatabase, integrado por dos datasets de entidades.

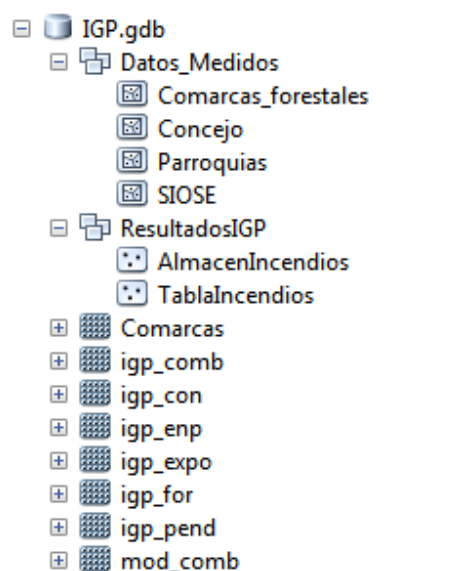


Figura 19: Estructura de Geodatabase.

Tabla 19: Modelo de datos Dataset Datos Medidos.







Dataset de entidades				
Datos_Medidos				
Nombre de la entidad: Comarcas_forestales		Fuente	Tipo	Representación Gráfica
		INDUROT	Polígono	
Definición: Delimitación de la extensión de las 15 comarcas forestales definidas				
Atributos	Tipo	Longitud	Descripción	Único/Nulo
Com_Forest	Texto	50	Código de la comarca forestal	Único o Nulo
Shape_Area	Double		Superficie de la comarca	Único o Nulo
Nombre de la entidad: Concejo		Fuente	Tipo	Representación Gráfica
		INDUROT	Polígono	
Definición: Delimitación de los 78 concejos de Asturias				
Atributos	Tipo	Longitud	Descripción	Único/Nulo
Nombre	Texto	100	Nombre del concejo	Único o Nulo
Codconcejo	Texto	6	Código asignado al concejo	Único o Nulo
ObjetoID	Long Integer			Único o Nulo
Shape_Area	Double		Superficie que ocupa el concejo	Único o Nulo
Nombre de la entidad: Parroquia		Fuente	Tipo	Representación Gráfica
		INDUROT	Polígono	
Definición: Delimitación de las 868 parroquias de Asturias				
Atributos	Tipo	Longitud	Descripción	Único/Nulo
Nombre	Texto	36	Nombre de la parroquia	Único o Nulo
Parroquia	Long Integer		Código asignado a la Parroquia	Único o Nulo
PROV	Long Integer		Código de provincia	Único o Nulo
MUN	Long Integer		Código de municipio	Único o Nulo
PROVMUN	Long Integer		Código de provincia y municipio	Único o Nulo
Shape_Area	Double		Superficie de la Parroquia	Único o Nulo
Nombre de la entidad: SIOSE		Fuente	Tipo	Representación Gráfica
		SIOSE	Polígono	
Definición: Conjunto de construcciones en el principado de Asturias				
Atributo	Tipo	Longitud	Descripción	Único/Nulo
PrimeroD 2	Texto	245	Tipo de construcción	Único o Nulo
Shape_Area	Double		Superficie de la construcción	Único o Nulo

Tabla 20: Modelo de datos Dataset Resultados

Dataset de entidades				
Resultados				
Nombre de la entidad:	Fuente	Tipo	Representación Gráfica	
TablaIncendios	Propia	Punto		
Definición: Entidad esquema para la inserción de incendios mediante el cursor. Es requisito necesario que tenga todos los atributos a continuación descritos para poder ser almacenado junto con los resultados de la aplicación de cálculo del IGP en otro clase de entidad de puntos.				
Atributos	Tipo	Longitud	Descripción	Único/Nulo
IncendioID	Texto	50	Identificador del incendio que es combinación de la Fecha y la Hora	Único o Nulo
Evento	Texto	50	Identificador de la actualización del incendio	Único o Nulo
Coor_X	Double		Coordenada X del incendio	Único o Nulo
Coor_Y	Double		Coordenada Y del incendio	Único o Nulo
Temperatura	Long Integer		Temperatura en el lugar del incendio	Único o Nulo
Vel_viento	Long Integer		Velocidad del viento en el lugar del incendio	Único o Nulo
Dir_viento	Double		Dirección del viento medido en grados sexagesimales	Único o Nulo
PendObser	Long Integer		Valoración de la Pendiente	Único o Nulo
ExpoObser	Long Integer		Valoración de la Exposición	Único o Nulo
CombObser	Long Integer		Valoración de la Combustibilidad	Único o Nulo
ContObser	Long Integer		Valoración de la Continuidad vegetal	Único o Nulo
AccesObser	Long Integer		Valoración de la Accesibilidad	Único o Nulo
AfeccionEDE	Long integer		Afección a los elementos críticos del grupo E.D.E	Único o Nulo
AfeccionIIEER	Long integer		Afección a los elementos críticos del grupo I.I.E.R	Único o Nulo
AfeccionE.P	Long integer		Afección a los elementos críticos del grupo E.P.	Único o Nulo

AfeccionPHC	Long integer		Afección a los elementos críticos del grupo P.H.C	Único o Nulo
Observaciones	Texto	50	Información relevante del incendio	Único o Nulo
Fecha	Long integer		Fecha del día que se da de alta	
Hora	Long integer		Hora a la que se da de alta	
Nombre de la entidad: AlmacenIncendios		Fuente	Tipo	Representación Gráfica
		Propia	Punto	
Definición: Entidad de puntos donde se almacenan los incendios dados de alta y sus actualizaciones con el respectivo valor de IGP calculado.				
Atributos	Tipo	Longitud	Descripción	Único/Nulo
IncendioID	Texto	50	Identificador del incendio que es el generado al dar de alta el incendio	Único o Nulo
Evento	Texto	50	Identificador de la actualización del incendio	Único o Nulo
Coor_X	Double		Coordenada X del incendio	Único o Nulo
Coor_Y	Double		Coordenada Y del incendio	Único o Nulo
Temperatura	Long Integer		Temperatura en el lugar del incendio	Único o Nulo
Vel_viento	Long Integer		Velocidad del viento en el lugar del incendio	Único o Nulo
Dir_viento	Double		Dirección del viento medido en grados sexagesimales	Único o Nulo
PendObser	Long Integer		Valoración de la Pendiente	Único o Nulo
ExpoObser	Long Integer		Valoración de la Exposición	Único o Nulo
CombObser	Long Integer		Valoración de la Combustibilidad	Único o Nulo
ContObser	Long Integer		Valoración de la Continuidad vegetal	Único o Nulo
AccesObser	Long Integer		Valoración de la Accesibilidad	Único o Nulo
AfeccionEDE	Long integer		Afección a los elementos críticos del grupo E.D.E	Único o Nulo





AfeccionIIE.R	Long integer		Afección a los elementos críticos del grupo I.I.E.R	Único o Nulo
AfeccionE.P	Long integer		Afección a los elementos críticos del grupo E.P.	Único o Nulo
AfeccionPHC	Long integer		Afección a los elementos críticos del grupo P.H.C	Único o Nulo
Observaciones	Texto	50	Información relevante del incendio	Único o Nulo
Fecha	Long Integer		Fecha del día de alta del incendio	Único o Nulo
Hora	Long Integer		Hora a la que se da de alta el incendio	Único o Nulo
Estado	Texto	50	Estado del incendio	Único o Nulo
Parroquia	Long Integer		Código asignado a la Parroquia	Único o Nulo
PROVMUN	Long Integer		Código de provincia y municipio	Único o Nulo
Temp_clas	Long Integer		Clasificación de la temperatura en valores de IGP	Único o Nulo
Vviento_class	Long Integer		Clasificación de la velocidad del viento en valores de IGP	Único o Nulo
Dviento_clas	Long Integer		Clasificación de la dirección del viento en valores de IGP	Único o Nulo
Pendiente	Long Integer		Valor de IGP para la Pendiente	Único/Nulo
Exposición	Long Integer		Valor de IGP para la Exposición	Único/Nulo
Combustibilidad	Long Integer		Valor de IGP para la Combustibilidad	Único/Nulo
Continuidad	Long Integer		Valor de IGP para la Continuidad	Único/Nulo
Interés forestal	Long Integer		Valor de IGP para el Interés Forestal	Único/Nulo
ENP	Long Integer		Valor del IGP para el ENP	Único/Nulo
CercaniaEDE	Long Integer		Valor de IGP para los elementos críticos del grupo E.D.E	Único/Nulo
PeligroEDE	Long Integer		Valor de IGP para los elementos críticos del grupo E.D.E	Único/Nulo

CercaniaIIER	Long Integer		Valor de IGP para los elementos críticos del grupo IIER	Único/Nulo
PeligroIIER	Long Integer		Valor de IGP para los elementos críticos del grupo IIER	Único/Nulo
CercaniaEP	Long Integer		Valor de IGP para los elementos críticos del grupo EP	Único/Nulo
PeligroEP	Long Integer		Valor de IGP para los elementos críticos del grupo E.P	Único/Nulo
CercaniaPHC	Long Integer		Valor de IGP para los elementos críticos del grupo P.H.C	Único/Nulo
Com_Forest	Long Integer		Código de la comarca forestal	Único/Nulo
Indice Riesgo	Long Integer		Valor de Índice de riesgo del día para la comarca	Único/Nulo
SumaCalculada	Long Integer		Sumatorio de todas las varibales	Único/Nulo
InceClasificación	Texto	50	Clasificación del incendio según el valor del sumatorio	Único/Nulo

Tabla 21 Capas raster existentes en la Geodatabase

Modelo de Datos**Capas Raster**

Nombre de la entidad: Igp_Comb	Fuente	Tipo	Representación Gráfica
	INDUROT	Raster	
Definición: Capa raster sobre combustibilidad en Asturias.			
Tamaño de Celda	Sistema de Referencia	Extensión de la capa	
5 x 5 metros	ETRS89 UTM H 30N	Principado de Asturias	
Nombre de la entidad: Igp_Cont	Fuente	Tipo	Representación Gráfica
	Indurot	Raster	
Definición: Capa raster sobre continuidad vegetal en Asturias.			
Tamaño de Celda	Sistema de Referencia	Extensión de la capa	
5 x 5 metros	ETRS89 UTM H 30N	Principado de Asturias	
Nombre de la capa	Fuente	Tipo	Representación Gráfica

lgp_enp	INDUROT	Raster	
Definición: : Capa raster con sobre los distintos niveles de protección de los espacios naturales en Asturias.			
Tamaño del Celda	Sistema de Referencia	Extensión de la capa	
5 x 5 metros	ETRS89 UTM H 30N	Principado de Asturias	
Nombre de la capa	Fuente	Tipo	Representación Gráfica
lgp_exp	INDUROT	Raster	
Definición: Capa raster sobre Orientaciones del terreno en Asturias.			
Tamaño del Celda	Sistema de Referencia	Extensión de la capa	
5 x 5 metros	ETRS89 UTM H 30N	Principado de Asturias	
Nombre de la capa	Fuente	Tipo	Representación Gráfica
lgp_for	INDUROT	Raster	
Definición: Capa raster sobre el interés forestal en Asturias.			
Tamaño del Celda	Sistema de Referencia	Extensión de la capa	
5 x 5 metros	ETRS89 UTM H 30N	Principado de Asturias	
Nombre de la capa	Fuente	Tipo	Representación Gráfica
lgp_pond	INDUROT	Raster	
Definición: Capa raster sobre las pendientes del terreno en Asturias.			
Tamaño del Celda	Sistema de Referencia	Extensión de la capa	
5 x 5 metros	ETRS89 UTM H 30N	Principado de Asturias	

3.3.3. Aplicación para dar de Alta los Incendios.

A la hora de comenzar con la construcción de la aplicación que nos permita dar de alta los incendios así como tener una valoración de la gravedad potencial de los incendios que sucedan dentro del territorio del Principado de Asturias. Se decide dividir, en distintos módulos, la cadena de ejecuciones que debe de realizar la aplicación con el fin de simplificar el esquema y de que la ejecución de la aplicación tenga un procesamiento disgregado que evite que se produzcan fallos en el sistema o de producirse, su identificación sea fácil de reconocer. Por ello finalmente ha quedado dividida en 7 módulos que se describen a continuación.

Una vez que se ha producido un incendio, el responsable de extinción de incendios, habrá de notificar al centro encargado de la ejecución de la aplicación de cálculo del índice de gravedad potencial de la existencia de un incendio y facilitarle la información a cerca el conejo en el que se ha producido así como la parroquia de ser posible. Dado que no se tiene más información se ha diseñado la herramienta de tal manera que lo primero que para ejecutarse, pida al usuario introducir un punto, que se introducirá en el conejo y parroquia que

se hayan notificado. Es por esto, que es necesario tener en la geodatabase la citada entidad *TablaIncendios* ya que su función es poder definir esta entidad como el esquema en memoria de la variable establecida parámetro del modelo.

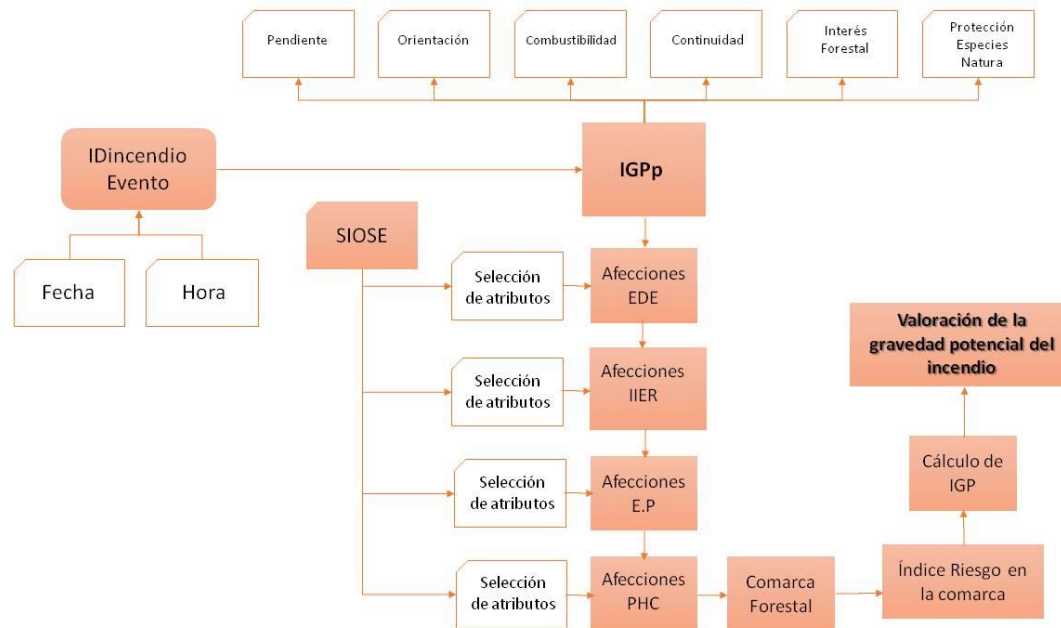


Figura 20: Esquema general Herramienta de Alta de Incendio.

Una vez introducido el punto, lo primero que realiza la aplicación es obtener el valor de la Parroquia y del municipio a través de la aplicación de la herramienta *SpatialJoin*, la cual añade al esquema de la entidad todos los campos presentes en esta capa y dado que de nuestro interés son solo parroquia y el concejo, en el paso siguiente se eliminan todos aquellos campos que no son de interés aplicando la herramienta *Delete Field*.

El paso siguiente que realiza aplicación es añadir tres campos correspondientes a las variables climáticas, siendo este paso necesario dado que al final de la ejecución se va a adjuntar el resultado a la entidad *AlmacenIncendios* y para que esa operación sea posible ambas entidades han de tener el mismo esquema, es decir, el mismo número de campos y el mismo tipo de campos.

3.3.3.1. Módulo IGPp

Llegado a este punto, la aplicación está lista para ejecutar el primero de sus 7 módulos. En este módulo, llamado *IGPp*, se van a extraer los valores ya reclasificados, de la pendiente, la orientación, la continuidad vegetal, la combustibilidad, el interés forestal y la protección de

espacios naturales. Previo a esto, en este módulo lo primero que se realiza es calcular el valor clasificado de la temperatura, la dirección del viento y la velocidad del mismo. Dado que no se tienen datos sobre esas variables y dado que esta herramienta además de dar de alta el incendio pretende generar una primera valoración del mismo, se atribuyen a estos campos la valoración de gravedad potencial mínima, que es 1, dado que estas tres variables nunca van a obtener una valoración menor ya que siempre van a tener influencia sobre la propagación del incendio.

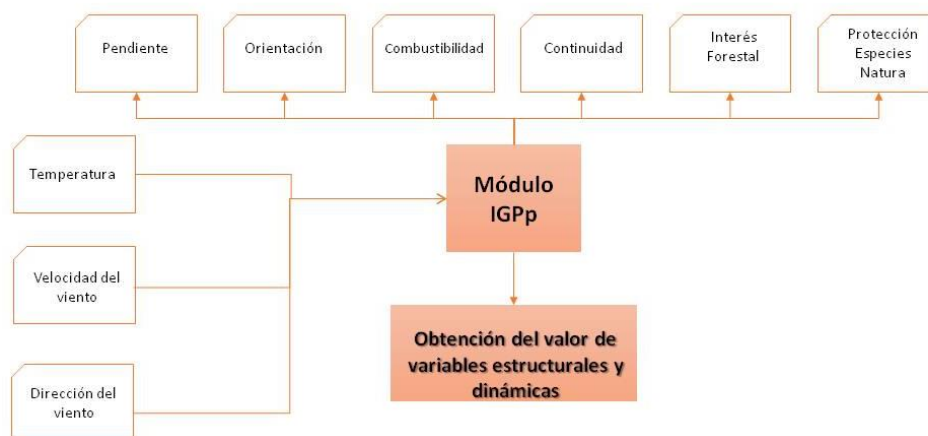


Figura 21: Esquema general del Módulo IGPP.

Una vez hecho esto, la ejecución sigue para obtener los valores reclasificados de las variables mencionadas, que corresponden a las variables estructurales de la Figura 5. Para ello se emplea la herramienta *Extract Value to Point* la cual permite extraer el valor para el punto introducido de cada variable, pero solo permite hacerlo de una variable por lo que habrá que repetir la ejecución de esta herramienta una vez por cada variable que se desea medir. Después de cada ejecución de la citada herramienta, se aplica la herramienta *Alter Field*. Esto es necesario debido a que al extraer el valor para el punto, la herramienta crea un campo con el nombre por defecto "RASTERVALU", que ha de ser modificado dado que de no hacerlo en la siguiente ejecución se producirá un error por incompatibilidad de generar dos campos con el mismo nombre. Por lo tanto se ejecuta la herramienta *Alter Field* siempre a continuación de la extracción del valor de una variable.

Una vez ejecutado el primer módulo, la herramienta pasa a calcular la fecha mediante la ejecución de la herramienta *Calculate Field* y mediante el mismo procedimiento se calcula la hora. Una vez obtenidas las dos, ejecutando nuevamente esta herramienta se obtiene,

concatenando la fecha y la hora el identificador del incendio. Una vez finalizada la ejecución del incendio, será este identificador el que habrá que remitir al jefe de extinción y será el identificador introducido en el parte de incendios para los siguientes intercambios de datos.

3.3.3.2. Módulos Afección EDE, IIER, EP y PHC

Estos módulos han sido desarrollados para valorar la cercanía del incendio a las edificaciones que se integran en los grupos especificados en la **Tabla 2**, así como la peligrosidad. Como se muestra en la Tabla 18, la peligrosidad aumenta en función de la distancia a los equipamientos y de si la dirección del viento juega en favor o no de la propagación del incendio en la dirección en la que se encuentra el edificio. Lo propuesto hasta ahora, para la obtención de información referente a estos elementos críticos, es la valoración en el terreno de la posible afección a estos elementos. Dada la versatilidad de ArcGIS® es posible hacer una valoración, de la posible afección a los distintos elementos críticos desde el conocimiento de la localización del incendio y las variables meteorológicas medidas en el terreno.

Se explica a continuación las funciones definidas en el módulo de afección EDE a modo de ejemplo dado que los cuatro módulos de afecciones realizan el mismo procedimiento con la única diferencia de la selección realizada al principio de su ejecución, correspondiendo en cada módulo a la selección de los elementos críticos pertenecientes a la categoría a analizar.

La primera herramienta ejecutada en este módulo es *Select* que permite seleccionar de la capa de edificaciones del SIOSE las que en este caso son objeto de análisis. Una vez seleccionadas, se aplica la herramienta *Near* para determinar si existe alguna edificación de las seleccionadas a una distancia fijada de 1500 metros. Esta herramienta añade una serie de campos de los cuales se van a utilizar el campo 'Near_dist' correspondiente a la distancia a la que se encuentra la edificación más cercana dentro de ese rango si la hubiere y el campo 'Near_Angle' que mide en ángulos la dirección en la que se encuentra la edificación más cercana en caso de que exista alguna.

Una vez ejecutada esto, se utilizan las herramientas *Add Field* y *Calculate Field* para obtener un valor numérico en el rango de 1 a 5 en función del valor de la distancia obtenida, a partir de la definición de una función en lenguaje Python para reclasificar el valor de distancia como se muestra en la Tabla 18.

Seguido de esto, en el módulo se vuelve a utilizar la secuencia de herramientas *Add Field* y *Calculate Field* en este caso para evaluar si el edificio que se puede ver afectado está en

la dirección en la que sopla el viento. Para ello lo primero es definir una función que permita interpretar los valores del ángulo que se obtienen de la ejecución de la herramienta *Near*, dado que devuelve ángulos de 0 a 180° en sentido destrogiro y ángulos de 0 a -180° en sentido levógiro, lo cual supone un problema para comparar este valor con la dirección del viento que se mide en grados de 0 a 360, por lo que se define una función que permite transformar los ángulos negativos en ángulos que toman valor de 180° hasta 360°.

Tabla 19 Función definida para recalcular la orientación de los elementos críticos

#Función definida para recalcular el resultado de la herramienta Near que obtiene la dirección medida de 0 a 180°#

```
def angulo (NEAR_ANGLE,NEAR_DIST):
    if NEAR_ANGLE <0:
        return NEAR_ANGLE + 360
    elif (NEAR_ANGLE == 0 and NEAR_DIST ==-1):
        return 0
    else:
        return NEAR_ANGLE
```

Fuente: Propia

Una vez se ha transformado los ángulos adquiridos mediante la ejecución de la herramienta *Near*, es necesario una vez más el añadir una secuencia de herramientas de herramientas *Add Field* y *Calculate Field* para poder comparar el valor de la dirección del viento con la dirección en la que se encuentra la edificación que puede verse afectada por el incendio. Para ello se genera otra función en lenguaje Python dentro de la herramienta *Calculate Field*.

Tabla 22: Función definida para la evaluar la dirección del viento respecto del elemento crítico más cercano.

#Define la dirección del viento respecto del elemento crítico más cercano#

```
def compara (anguloDirec,Dir_viento, NEAR_DIST):
    if NEAR_DIST == -1:
        return "NULL"
    elif abs(anguloDirec- Dir_viento) <=45:
        return "Coincidente"
    elif abs((anguloDirec-Dir_viento >45 or anguloDirec-Dir_viento<=-90)):
        return "Perpendicular"
    else:
        return "Opuesto"
```

Fuente: Propia

Una vez evaluada la coincidencia de la dirección del viento y la localización del edificio, que pueda verse afectado, respecto del incendio, disponemos de los dos criterios necesarios para valorar la peligrosidad de ese incendio respecto de la edificación. Para ello se vuelve a utilizar la secuencia de herramientas *Add Field* y *Calculate Field* para definir una función que analice el valor obtenido en el campo *cercaniaEDE* y en el campo calculado en la ejecución anterior. Una vez más se define una función en Python dentro de la herramienta *Calculate Field*.

Tabla 23: Función definida para el análisis de la coincidencia de la dirección del viento y la posición de los elementos críticos.

#Función definida para valorar la peligrosidad del incendio en función de la posible afección a los distintos tipos de elementos críticos#
<pre>def peligro (CercaniaIER, direcCoinci,): if CercaniaIER == 0: return 0 elif (CercaniaIER==1 and direcCoinci == "Coincidente"): return 3 elif (CercaniaIER==1 and direcCoinci == "Perpendicular"): return 2 elif (CercaniaIER==1 and direcCoinci == "Opuesto"): return 1 elif (CercaniaIER==2 and direcCoinci == "Coincidente"): return 4 elif (CercaniaIER==2 and direcCoinci == "Perpendicular"): return 3 elif (CercaniaIER==2 and direcCoinci == "Opuesto"): return 2 elif (CercaniaIER==3 and direcCoinci == "Coincidente"): return 5 elif (CercaniaIER==3 and direcCoinci == "Perpendicular"): return 4 elif (CercaniaIER==3 and direcCoinci == "Opuesto"): return 3 elif (CercaniaIER==4 and direcCoinci == "Coincidente"): return 5 elif (CercaniaIER==4 and direcCoinci == "Perpendicular"): return 5 elif (CercaniaIER==4 and direcCoinci == "Opuesto"): return 4 elif (CercaniaIER==5 and direcCoinci == "Coincidente"): return 5 elif (CercaniaIER==5 and direcCoinci == "Perpendicular"): return 5 elif (CercaniaIER==5 and direcCoinci == "Coincidente"): return 5 else: return 0</pre>

Fuente: Propia

Una vez ejecutado cada módulo de afección a algún tipo de elemento crítico, es necesario utilizar la herramienta *Delete Fields* para depurar los campos, dado que la herramienta *Near* genera una serie de campos que por un lado no nos interesan una vez ejecutada la herramienta y que se generarán de nuevo al ejecutar el siguiente módulo de afecciones y que por tanto han de ser eliminados para evitar que se produzcan errores por

incompatibilidad de crear campos con el mismo nombre. Se representa a continuación el esquema general del módulo de afección a E.D.E.

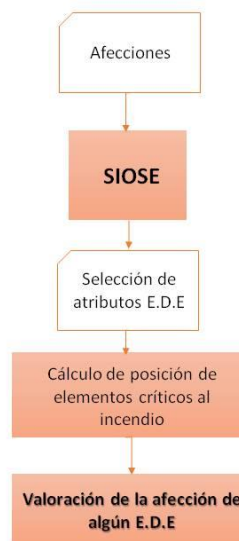


Figura 22: Esquema General de los Módulos de Afecciones, en concreto Afección EDE.

3.3.3.3. Módulo de Comarca Forestal

Una vez analizadas las afecciones a los elementos críticos, la herramienta pasa a obtener el valor de la comarca forestal en la que se encuentra el incendio. Este valor no entra en el cálculo del índice de gravedad potencial, pero es necesario saber en qué comarca forestal se encuentra el incendio para poder identificar el índice de riesgo de incendio que le corresponde a dicha comarca en ese día.

En este módulo, lo primero que se ejecuta es nuevamente la herramienta *Extract Value To Point* para obtener el valor numérico asignado a la comarca en la que nos encontramos. A continuación y como se vino haciendo las anteriores veces que se utilizó esta herramienta, se ejecuta la herramienta *Alter Field* para modificar el nombre del campo creado por defecto en la herramienta de extracción. Una vez realizado esto, se añade un nuevo campo, con la herramienta *Add Field*, que recibirá el nombre de "ÍndiceRiesgo" en el que en el módulo siguiente se incorporará el valor de índice de incendio correspondiente.

3.3.3.4. Módulo IR

Como se ha mencionado en el apartado anterior, en este módulo se va a incorporar el valor del índice de riesgo de incendio calculado para el día y esa comarca. Para hacer posible esta incorporación, se ha desarrollado un script de programación en lenguaje python.

Tabla 24: Script definido para obtener el valor de índice de Riesgo de incendio en función del valor de la comarca obtenida

```
#Función definida para obtener el valor riesgo de incendio para la comarca en la que se encuentra el incendio automáticamente#

import csv, arcpy
try:
#Direccionar a los archivos e introducir cursor en ellos#
    arcpy.env.workspace = r'C:\Users\Casa\Documents\ArcGIS\Default.gdb'
    csv = r'C:\Users\Casa\Desktop\ProyectoIGP_Inigo\FWI.csv'
    fc = r'C:\Users\Casa\Documents\ArcGIS\Default.gdb\CopyFeature8'
    rowsFc = arcpy.SearchCursor(fc)
    rowsCsv = arcpy.SearchCursor(csv)
#Lee el código de comarca, lee el código de las comarcas en el csv y para cuando coincidan ambos códigos#
    for row in rowsFc:
        comarca = row.getValue("Com__Forest")
        for row in rowsCsv:
            indice = row.getValue("ObjetoID")
            if comarca == indice:
                val = row.getValue("FWI")
#Especifica el campo en el que se va introducir el valor obtenido de Riesgo de incendio y lo añade#
            field = ['IndiceRiesgo']

            with arcpy.da.UpdateCursor(fc,field) as cursor:
                for row in cursor:
                    row[0] = val
                    cursor.updateRow(row)
#Muestra error en pantalla si hay algún problema#
except:
    print "Error en la ejecuci?n de arcpy"
    print(arcpy.GetMessages(2))
```

Fuente:

Dado que el script lleva incorporado las rutas de los ficheros que ha de leer y comparar, la modificación del nombre o de el lugar de almacenamiento de alguno de los ficheros implicados en el script hará que deje de funcionar, permitiendo a la herramienta finalizar sin errores, pero sin atribuir el valor del índice de riesgo que si forma parte del cálculo final del índice de gravedad potencial. Se aplica la herramienta *Calculate Field* nuevamente para establecer por defecto en el campo "AccesObser" el valor 1 dado que va a entrar en el sumatorio para el cálculo del índice y de no hacer este paso, el valor sería "Null" y no tendría representación en la suma.

Una vez ejecutado este módulo, la herramienta ejecuta la función *Add Field* y *Calculate Field* en el que se añade un nuevo campo denominado "Suma Calculada" que será el campo

donde se almacene el valor del índice de riesgo. En la herramienta de *Calculate Field* se define una función para que en este caso la suma del índice de gravedad potencial sea la suma de los siguientes campos: Temperatura, velocidad del viento, dirección del viento, pendiente, exposición, combustibilidad, continuidad, interés forestal, espacios naturales protegidos, peligroEDE, peligroIIER, peligroEP, peligroPHC e índice de Riesgo.

Tabla 25: Función definida para el cálculo de la suma de IGP

#Función definida para calcular el sumatorio del IGP#
<pre>def sumatorio (Temp_clas, Vviento_class, Dviento_clas, pendiente, Exposicion, Combustibilidad, Continuidad, ENP, Interes_Forestal, PeligroEDE, PeligroIIER, PeligroEP, PeligroPHC, IndiceRiesgo, AccesObser): if (PeligroEDE > 1 and PeligroEDE <=3): return Temp_clas + Vviento_class + Dviento_clas + pendiente + Exposicion + Combustibilidad + Continuidad + ENP + Interes_Forestal + PeligroEDE + PeligroIIER + PeligroEP + PeligroPHC + IndiceRiesgo + 1 else: return 75</pre>

Fuente:

Acto seguido, se ejecuta la función *Add XY Coordinates* con lo que se obtienen dos campos en los que se almacenan las coordenadas del punto introducido al inicio y dado que la tabla que se ha asociado en memoria a dicho punto introducido, ya tiene un campo para la coordenada X y otro campo para la coordenada Y, se ejecutan seguidamente dos veces la función *Calculate Field* para incorporar esos valores de coordenadas obtenidas en los campos correspondientes. Una vez ejecutado esto, se procede a eliminar los dos campos generados por la herramienta *Add XY Coordinates* mediante la ejecución de *Delete Field*. Seguido, se utiliza la herramienta *Calculate Field* para poder clasificar los valores de la suma del índice de gravedad potencial obtenidos mediante la función definida en la Tabla 26 en los niveles de peligrosidad definidos en este documento mediante la siguiente función.

Tabla 26: Clasificación de la peligrosidad del incendio.

#Función definida para clasificar los incendios en función del valor de IGP obtenido#
<pre>def clas (SumaCalculada): if (SumaCalculada >= 7 and SumaCalculada <= 22): return "Baja" elif (SumaCalculada > 23 and SumaCalculada <= 38) return "Moderada" elif (SumaCalculada > 39 and SumaCalculada <= 54): return "Alta"</pre>

```
else:
    return "Severa"
```

Fuente: Propia

Una vez hecho esto, ya se han obtenido y rellenado todos los campos necesarios para poder adjuntar el incendio dado de alta a la entidad "AlmacenIncendios" que es donde se almacenarán todos los incendios dados de alta y sus futuras actualizaciones con los datos recibidos de campo para hacer un seguimiento de su evolución temporal.

A la hora de adjuntar a la entidad destino, se han encontrado problemas a la hora de utilizar la herramienta *Append* para adjuntar a una entidad los registros de otras dos entidades. Después de varias pruebas se ha optado por la construcción de un script de programación que cumpla la misma función que dicha herramienta. El script construido es capaz de leer el registro de la entidad, obtener el valor de cada campo y adjuntarlo a la entidad destino de tal manera que se represente como un registro más en la entidad de puntos de destino.

Tabla 27: Script para copiar y almacenar los incendios dados de alta y su seguimiento como entidades de punto.

Función que copia valores de un registro de una Feature Class de puntos y los inserta en otra Feature Class.

```
#Definición de los campos a rellenar en la Feature Class de AlmacenIncendios#
fields = ['Incendioid','Evento','SHAPE@', 'Coor_X', 'Coor_Y', 'Temperatura', 'Vel_viento', 'Dir_viento', 'Temp_clas',
'Vviento_class', 'Dviento_clas', 'PendObser', 'ExpoObser', 'CombObser', 'ContObser', 'AccesObser', 'AfeccionEDE',
'AfeccionIIER','AfeccionEP', 'AfeccionPHC', 'Observacion','Fecha', 'Hora', 'Estado', 'Parroquia', 'PROVMUN',
'pendiente', 'Exposicion', 'Combustibilidad', 'Continuidad','Interes_Forestal', 'ENP', 'CercaniaEDE', 'PeligroEDE',
'CercaniaIIER', 'PeligroIIER', 'CercaniaEP', 'PeligroEP', 'CercaniaPHC', 'PeligroPHC','Com__Forest', 'IndiceRiesgo',
'SumaCalculada', 'InceClasificacion']

#Definición de las rutas específicas de la Feature Class de almacenamiento y de la Feature Class de la que se obtienen los valores a copiar#
fc1 = r'C:\Users\Casa\Desktop\ProyectoIGP_Inigo\IGP.gdb\ResultadosIGP\AlmacenIncendios'
fc2 = r'C:\Users\Casa\Documents\ArcGIS\Default.gdb\CopyFeature8'

#Inserción de cursor y obtención del valor de cada variable definida#
rowsfc2 = arcpy.SearchCursor(fc2)
for row in rowsfc2:
    ID = row.getValue("Incendioid")
    X = row.getValue("Coor_X")
    val4 = row.getValue("Coor_Y")
    val5 = row.getValue("Temperatura")
    val6 = row.getValue("Vel_viento")
    val7 = row.getValue("Dir_viento")
    val8 = row.getValue("Temp_clas")
    val9 = row.getValue("Vviento_class")
    val10 = row.getValue("Dviento_clas")
    val11 = row.getValue("PendObser")
    val12 = row.getValue("ExpoObser")
    val13 = row.getValue("CombObser")
```

```

val14 = row.getValue ("ContObser")
val15 = row.getValue ("AccesObser")
val16 = row.getValue ("AfeccEDE")
val17 = row.getValue ("AfeccIIE")
val18 = row.getValue ("AfeccEP")
val19 = row.getValue ("AfeccPHC")
val20 = row.getValue ("Observacion")
val21 = row.getValue ("Fecha")
val22 = row.getValue ("Hora")
val23 = row.getValue ("Parroquia")
val24 = row.getValue ("PROVMUN")
val25 = row.getValue ("pendiente")
val26 = row.getValue ("Exposicion")
val27 = row.getValue ("Combustibilidad")
val28 = row.getValue ("Continuidad")
val29 = row.getValue ("Interes_Forestal")
val30 = row.getValue ("ENP")
val31 = row.getValue ("CercaniaEDE")
val32 = row.getValue ("PeligroEDE")
val33 = row.getValue ("CercaniaIIE")
val34 = row.getValue ("PeligroIIE")
val35 = row.getValue ("CercaniaEP")
val36 = row.getValue ("PeligroEP")
val37 = row.getValue ("CercaniaPHC")
val38 = row.getValue ("PeligroPHC")
val39 = row.getValue ("Com__Forest")
val40 = row.getValue ("IndiceRiesgo")
val41 = row.getValue ("SumaCalculada")
val42 = row.getValue ("Estado")
val44 = row.getValue ("Evento")
val45 = row.getValue ("InceClasificacion")

```

#Crear una entidad de punto con los valores de las coordenadas obtenidas#

```
point = arcpy.PointGeometry(arcpy.Point(X, val4))
```

#Adjudicar a los valores leídos un campo de los definidos al principio#

```
row_values =(ID, val44, (point), X, val4, val5, val6, val7, val8, val9, val10, val11, val12, val13, val14, val15, val16,
val17, val18, val19, val20, val21, val22, val42, val23, val24, val25, val26, val27, val28, val29, val30, val31, val32,
val33, val34, val35, val36, val37, val38, val39, val40, val41, val45)
```

#Insertar los valores los atributos de la entidad de puntos creada e insertar dicha entidad de puntos en la tabla AlmacenIncendios#

```
cursor = arcpy.da.InsertCursor (fc1, fields)
cursor.insertRow (row_values)
delcursor
```

Fuente: Propia

3.3.4. Aplicación de Cálculo del IGP

Se ha desarrollado esta aplicación con el objetivo de poder valorar la gravedad potencial de los incendios forestales y tener un registro de la evolución del mismo. Esta herramienta tiene un proceso de ejecución similar a la explicada en el apartado 3.3.33.3 pero tiene varias modificaciones motivadas por el tipo y formato de los datos de entrada así las variables que influyen en el cálculo del indicador. Dado que existen módulos integrados en esta herramienta

que son idénticos a los módulos descritos en el apartado 3.3.3, solo se explicarán en detalle aquellos que sean parcial o totalmente diferentes.

A diferencia de la aplicación diseñada para dar de alta los incendios, la aplicación para el cálculo del índice de gravedad potencial, pide al usuario que introduzca un archivo **CSV** (Comma-separated values). Dicho archivo es el diseñado y que figura en el apartado 3.3.1 de este documento. Una vez introducido el archivo, la aplicación puede ejecutarse.

El primer paso que realiza la herramienta es convertir ese fichero en una estructura de datos nativa de ArcGIS® como son las clases de entidad de puntos. Para ello se emplea la herramienta *Make XY Even Layer* para a partir de las coordenadas del punto existentes en el archivo, obtener una entidad de puntos (Trent University, 2012). A continuación esa entidad hay que copiarla mediante la ejecución de la herramienta *Copy Features* para poder almacenarla. Una vez se ha transformado el archivo en una entidad de puntos, el siguiente paso es incorporarle a la entidad creada los campos que hacen referencia a la parroquia y al concejo. Para ello se emplea a herramienta *Spatial Join* que permite añadir dichos campos desde la capa de Parroquias que está almacenada en la geodatabase. Una vez ejecutada la herramienta *Spatial Join*, hay que utilizar la herramienta *Delete Field* para eliminar todos los campos incorporados con la herramienta anterior que no son de interés.

Llegados a este punto, la aplicación ha transformado los datos, y ha añadido los campos necesarios para que se vayan teniendo los mismos campos y en el mismo orden que la aplicación anterior, lo cual es estrictamente necesario dado que se pretende, al final, almacenar los resultados de ambas herramientas en la misma clase de entidad.

El siguiente paso ahora, es ejecutar el módulo IGPincendio, como se ve en el esquema general de la aplicación, pero que se describirá dado que tiene ciertas variaciones motivadas por los campos que han de ser creados necesariamente.

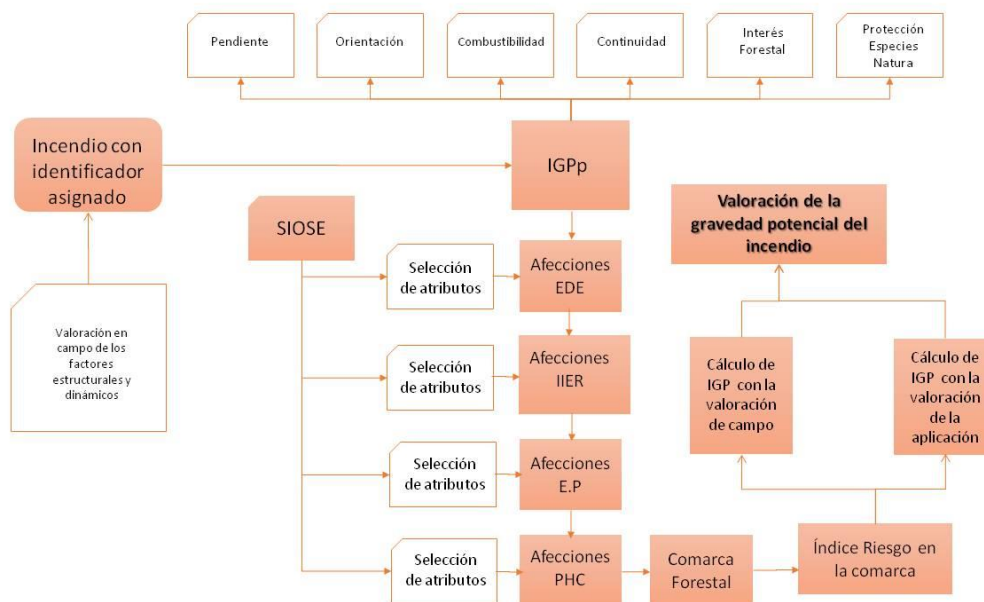


Figura 23: Esquema General del cálculo del IGP.

3.3.4.1. Módulo IGP Incendio

Dado que esta herramienta comienza su ejecución desde el parte de incendio, que está compuesto de los campos que se observan en la Figura 18, y se puede observar que no existen los campos necesarios para clasificar los valores de temperatura, velocidad del viento y dirección del viento medidos en el campo, es necesario que este módulo, lo primero que haga es añadir dichos campos para después calcular su valor en función de los valores medidos en campo. Para conseguir este objetivo, se emplea la herramienta *Add Field* y *Calculate Field* sucesivamente 3 veces cada una.

Una vez añadidos y calculados estos campos, la aplicación pasa a ejecutar la misma secuencia de funciones que las descritas en el apartado 3.3.3.1 de este documento, con el objetivo de poder extraer los valores de las variables de pendiente, exposición, combustibilidad, continuidad, interés forestal y espacios naturales protegidos, del lugar en el que se produce el incendio como hacia la herramienta homóloga empleada en la ejecución del alta de los incendios.

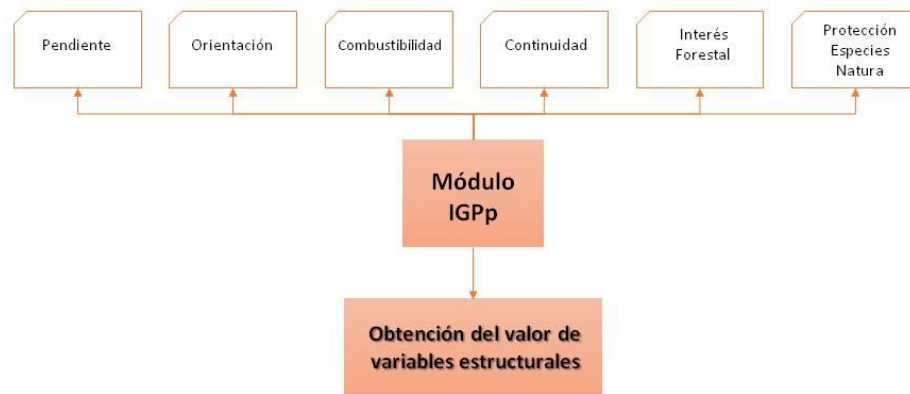


Figura 24: Esquema General del Módulo IGP Incendio.

Una vez ejecutado este módulo, lo siguiente es calcular el campo llamado evento, ejecutando para ello la herramienta *Calculate Field* que permite atribuir al campo Evento la fecha y la hora en la que se está ejecutando la herramienta. Este campo tiene como objetivo reflejar la ejecución de las distintas actualizaciones de la situación del incendio a lo largo del tiempo.

A diferencia de la herramienta de alta de incendios en esta, no se ejecuta ninguna herramienta para obtener el identificador del incendio dado que este identificador va incluido ya en el fichero de Excel, dado que es calculado al dar de alta el incendio y transmitido al responsable de incendios en el campo.

3.3.4.2. Módulos semejantes a la aplicación de Alta de incendio

Como ya se mencionó con anterioridad, hay ciertos módulos que tienen la misma secuencia de ejecución en ambas herramientas por lo que no se van a explicar nuevamente sino simplemente citar su existencia en la ejecución de la herramienta.

Como se puede apreciar en el esquema general de la aplicación de cálculo de índice de gravedad potencial, Figura 26, una vez ejecutados los módulos descritos hasta ahora, la herramienta ejecuta los módulos de Afección a E.D.E, Afección I.I.E.R, Afección E.P y Afección P.H.C, donde se evalúa la posible afección a las infraestructuras, edificios y al patrimonio histórico-cultural así como el módulo de Comarca, que obtiene el código de comarca forestal donde se encuentra el incendio y el módulo de IR que obtiene el valor de índice de riesgo de incendio para la comarca forestal.

Una vez ejecutado todos estos módulos, se añade un campo para almacenar el valor del índice mediante la herramienta *Add Field* y se define una función mediante la herramienta *Calculate Field* que calcule por defecto, siempre que existan valores en el parte de incendios para todos las variables medidas en campo, el valor del índice de gravedad potencial como sumatorio de dichos valores más el índice de riesgo de incendio. De no tener valores medidos en campo para dichas variables, lo calculará como suma de los valores para dichas variables obtenidas por la aplicación. Además en caso de que alguno de los módulos que evalúan el peligro de los elemento críticos calculados o los medidos en campo obtengan el valor máximo, 5, automáticamente dicho incendio obtendrá la máxima puntuación de peligrosidad en la suma dado que ante todo lo esencial es poner a salvo la vida de las personas.

Una vez tenemos el valor numérico de la suma de todas las variables se puede reclasificar dicho valor en las diferentes categorías de peligrosidad definidas en el apartado 2.3.3 de este documento.

Tabla 28: Función definida para el cálculo del IGP.

#Sumatorio de las variables medidas para el cálculo del IGP#
<pre> def sumatorio (Temp_clas, Dviento_clas, Vviento_Class, pendiente, Exposicion, Combustibilidad, Continuidad, Interes_forestal, ENP, PeligroIIER, PeligroEP, PeligroPHC, PeligroEDE, IndiceRiesgo,PendObser, CombObser, ExpoObser, ContObser, AccesObser, AfeccionEDE, AfeccionIIER, AfeccionEP, AfeccionPHC): if (PeligroEDE == 5 or PeligroIIER== 5 or PeligroEP==5 or PeligroPHC == 5 or AfeccionEDE == 5 or AfeccionIIER == 5 or AfeccionEP == 5 or AfeccionPHC == 5): return 75 elif (PendObser >= 1 and CombObser >= 1 and ExpoObser >= 1 and ContObser >= 1 and AccesObser >= 1 and AfeccionEDE >= 0 and AfeccionIIER >= 0 and AfeccionEP >= 0 and AfeccionPHC >= 0): return Temp_clas + Dviento_clas + Vviento_Class + PendObser + ExpoObser + CombObser + ContObser + AccesObser + AfeccionEDE + AfeccionIIER + AfeccionEP + AfeccionPHC + IndiceRiesgo + Interes_forestal + ENP else: return Temp_clas + Dviento_clas + Vviento_Class + pendiente + Exposicion + Combustibilidad + Continuidad + Interes_forestal+ ENP+ PeligroIIER+ PeligroEP+ PeligroPHC+ PeligroEDE+ IndiceRiesgo + AccesObser </pre>

Fuente: Propia

Una vez obtenidos todos los campos necesarios, se construye un script, semejante al de la Ilustración 11, que realiza una función semejante a la herramienta *Append* que permite incorporar el resultado de la herramienta a la clase de entidad de puntos llamada

AlmacenIncendios, alojada en la geodatabase y donde también se almacena el alta de los incendios. De esta manera queda almacenado los registros del incendio desde su alta hasta su extinción teniendo todos ellos en común el identificador del incendio generado al dar el incendio de alta.

No se utiliza la herramienta Append dado que tras numerosas pruebas se ha comprobado que la herramienta produce errores cuando se pretende utilizar para adjuntar datos de diferentes entidades. Es por ello que se construyó un script para cumplir con el objetivo.

4. RESULTADOS

Con el fin de testar la validez de la aplicación, módulos y herramienta, se han preparado una serie de datos que cubren las diferentes posibilidades de afección a elementos críticos y que algunos presentan información medida en campo y otros no para validar las funciones definidas para el cálculo del índice de gravedad potencial en función de los variables disponibles. Por ello se proponen 2 supuestos, para comprobar que los 4 módulos de afección funcionan correctamente y otro más en el que no exista afección a ningún elemento crítico.

4.1. Supuesto 1. Incendio que potencialmente no afecta a ningún elemento crítico

En este primer caso a analizar se comunica la existencia de un incendio en el concejo de Somiedo, en la parroquia de Pigüeña, al sur de la misma. Con esta se procede a abrir la herramienta de Alta de Incendios. Una vez abierta se pide al usuario que introduzca un punto, dado que se conoce el concejo y la parroquia puede seleccionarse un punto aproximado para dar de alta el incendio y realizar una primera valoración. Una vez seleccionado el punto click en Ok para ejecutar la herramienta. Una vez finalizada la herramienta, el resultado queda

almacenado como un nuevo punto con todas las variables obtenidas en la clase de entidad de puntos llamada AlmacenIncendios dentro de la geodatabase. Una vez finalizado el proceso, cargando la entidad de puntos llamada AlmacenIncendios a la ventana de leyenda y abriendo su tabla de atributos podemos observar todos los campos que se han creado y calculado que se describen a continuación. La tabla tiene un total de 45 campos. Véase ilustración 16

La Ilustración 15 muestra la ventana emergente al abrir la herramienta de Alta de Incendios donde se pide al usuario introducir un punto mediante un click con el cursor del ratón en el concejo y parroquia comunicado por el técnico responsable de extinción de incendios.

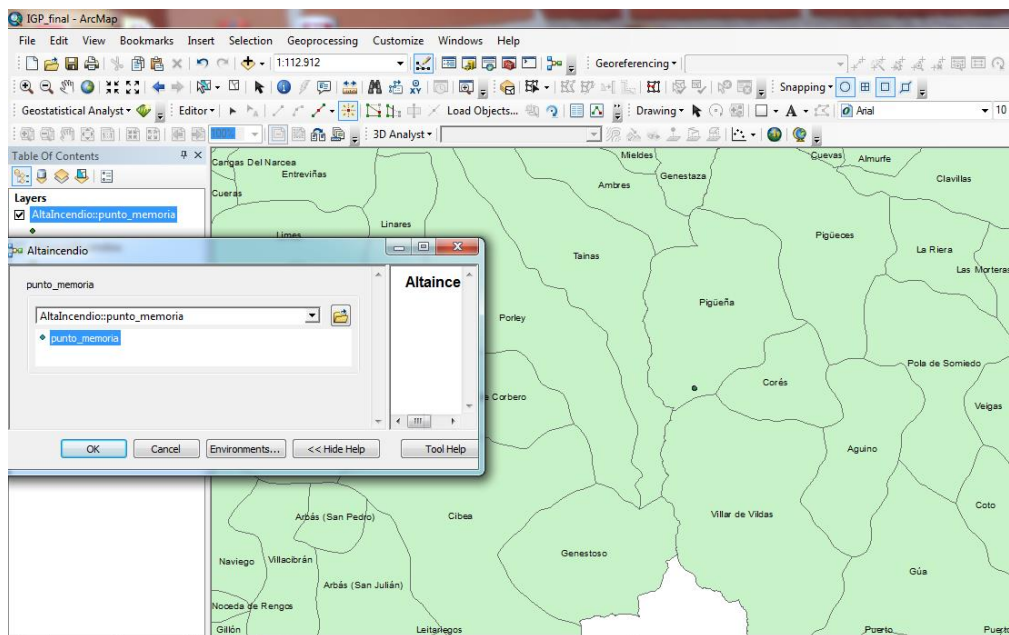


Figura 25 Ejecución de la Herramienta de Alta de Incendios

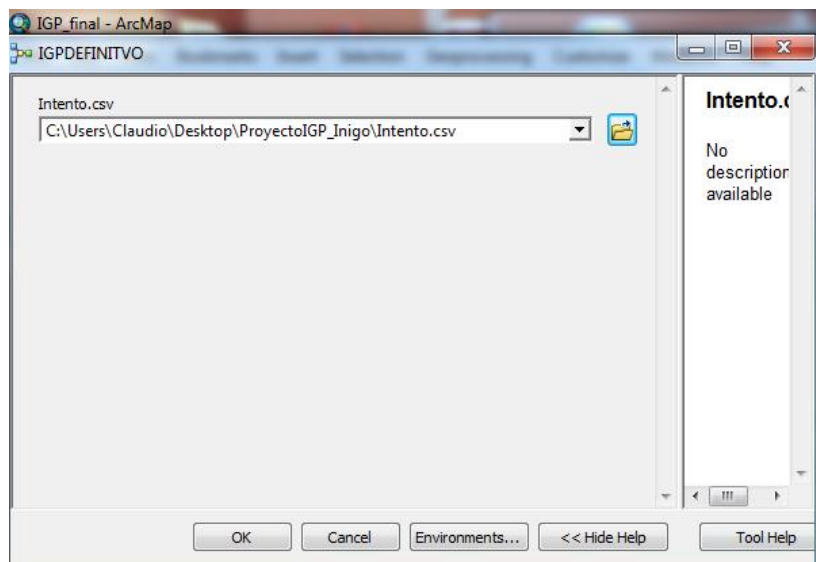


Figura 26: Ejecución de la herramienta de cálculo del IGP.

Como se puede observar se han generado y obtenido los siguientes valores:

OBJECTID *	Shape *	Incendioid	Evento	Coor X	Coor Y	Temperatura	Vel viento	Dir viento	PendObser
14	Point	20160519184019	20160519184019	232051,7048	4779735,464	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>

ExpoObser	CombObser	ContObser	AccesObser	AfeccionEDE	AfeccionIIER	AfeccionEP	AfeccionPHC	Observacion	Fecha
<Null>	<Null>	<Null>	1	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	2016051

Hora	Estado	Parroquia	PROVMUN	Temp clas	Vviento class	Dviento clas	pendiente	Exposicion	Combustibilidad
184019	Activo	680700	33068	1	1	1	3	1	1

Continuidad	Interes Forestal	ENP	CercaniaEDE	PeligroEDE	CercaniaIIER	PeligroIIER	CercaniaEP	PeligroEP	CercaniaPHC
5	3	3	0	0	1	0	0	0	0

PeligroPHC	Com Forest	IndiceRiesgo	SumaCalculada	InceClasificacion
0	1	5	25	Moderada

Figura 27: Valores obtenidos al ejecutar la herramienta de alta de Incendios.

Como se puede ver el campo IncendiId, es el resultado de concatenar la fecha y la hora con formato fecha (AñoMesDía) y hora (HoraMinutosSegundos). El valor obtenido es 20160519184019 que corresponde al 19/05/2014 a las 18:40:19 horas. Este valor será el transmitido al responsable del incendio como identificador del incendio a la hora de enviar los datos medidos en campo.

El campo Evento se calcula de la misma manera, pero será calculado también por la herramienta de cálculo del índice de gravedad potencial de tal manera que será un indicador de la evolución del incendio a lo largo del tiempo.

Seguido a él se muestran las coordenadas del punto introducido. Los valores de Temperatura, Vel_viento, Dir_viento, PendObser, ExpoObser, CombObser, ContObser, AfeccEDE, AfeccIER, AfeccEP, AfeccPHC, se muestran con valor "Null" dado que al estar dándose de alta el incendio aún no se dispone de dicha información. A continuación se muestra el código de la parroquia en la que se encuentra el incendio y el código del concejo.

Seguido a ellos vienen todos los campos en los cuales se recoge la información que la herramienta es capaz de calcular a partir de las capas introducidas en ella, análogas a las que se recibirán medidas en campo para poder realizar una primera valoración. Aunque no se tienen información sobre las condiciones climáticas, se aprecia que los campos temp_clas, Vviento_clas y Dviento_clas que corresponden a la clasificación de las condiciones climáticas sí tienen un valor igual a 1. Esto se debe a que estas variables siempre van a tener una influencia sobre la propagación por lo que es oportuno atribuirles ese valor para que se añadan al sumatorio final.

Como era de esperar, los campos de cercanía y de Peligrosidad de los diferentes elementos críticos que se contemplan son 0 dado que como se había planeado, el punto introducido no afecta a ningún elemento crítico.

Se obtiene también el código de la comarca forestal en la que se encuentra el incendio para después obtener el valor del riesgo de incendio calculado para ese día en esa comarca. Por último se obtiene la suma de todas las variables que influyen en el cálculo, que son las definidas en la función de la *ilustración 14* dando un resultado de 27 como es de esperar dado los valores sumados son: $1+1+1+1+3+1+1+5+3+3+0+0+0+0+5 = 25$, a lo que le corresponde una peligrosidad Moderada.

Calculo del Índice de Gravedad Potencial con los datos medidos en campo para el incendio con identificador: 20160519184019

OBJECTID *	Shape *	Incendioid	Evento	Coor X	Coor Y	Temperatura	Vel viento	Dir viento	PendObser
14	Point	20160519184019	20160519184019	232051,7048	4779735,464	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
15	Point	20160519184019	20160519185925	226788,23	4778042,145	35	8	180,34	3

ExpoObser	CombObser	ContObser	AccesObser	AfeccionEDE	AfeccionIIER	AfeccionEP	AfeccionPHC	Observacion	Fecha
<Null>	<Null>	<Null>	1	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	2016051
1	1	1	3	0	0	0	0	<Null>	2016042

Hora	Estado	Parroquia	PROVMUN	Temp clas	Vviento class	Dviento clas	pendiente	Exposicion	Combustibilidad
184019	Activo	680700	33068	1	1	1	3	1	1
1030	Activo	680800	33068	5	1	5	3	1	5

Continuidad	Interes Forestal	ENP	CercaniaEDE	PeligroEDE	CercaniaIIER	PeligroIIER	CercaniaEP	PeligroEP	CercaniaPHC
5	3	3	0	0	1	0	0	0	0
5	1	3	0	0	0	0	0	0	0

CercaniaEP	PeligroEP	CercaniaPHC	PeligroPHC	Com Forest	IndiceRiesgo	SumaCalculada	InceClasificacion
0	0	0	0	1	5	25	Moderada
0	0	0	0	1	5	29	Moderada

Figura 28: Valores Obtenidos al ejecutar la Herramienta de Cálculo del Índice Gravedad Potencial.

Como se puede observar, ahora si se dispone de valores para la temperatura, dirección y velocidad del viento así como el valor estimado para el resto de variables medidas en campo. Como se puede apreciar, la temperatura es de 35 grados centígrados y se reclasifica según lo definido en la tabla 11. Para valores mayores a 30 grados le corresponde el valor de índice 5 introducido en el campo *Temp_clas*.

La velocidad de viento medida es de 8 kilometros por hora y como es de esperar el programa calcula para esa velocidad del viento un valor de índice de 1 en el campo *Vviento_class*.

En el caso de la dirección del viento se recibe un valor de 180,34 grados lo que corresponde a una dirección Sur y recibe un valor de índice de 5 como se puede ver en la Tabla 9. Queda reflejado dicho valor de índice en el campo *Dviento_clas*.

Como se especifica en la Ilustración 14, la herramienta ha de realizar el sumatorio con los datos que se obtienen en el campo siempre que dichos campos tengan valor ≥ 1 uno para todas las variables menos para las afecciones en cuyo caso han de ser ≥ 0 . Sumando los términos medidos en campo más el campo *Interes_forestal*, el *ENP* y los estimados de los valores climáticos ha de ser igual al valor de *sumaCalculada* que resulta. Son 15 las variables

que componen dicha suma. Comprobamos que la función definida funciona correctamente ya que los valores sumados son: $5+1+5+3+1+1+1+3+5+1+3+0+0+0+0=29$. En cambio si hubiese hecho la suma con los calculados por la herramienta la suma hubiera sido de: $5+1+5+3+1+5+5+3+5+1+3+0+0+0+0 = 37$.

4.2. Supuesto 2. Incendio afecta a algún E.D.E

En este segundo caso práctico, se recibe una llamada avisando de un incendio que ha surgido en el concejo de Tineo en la parroquia conocida como Navelgas. Tal y como se explico en el caso anterior, se procede a ejecutar la herramienta que permite dar de alta el incendio. Para ello se pide al usuario que introduzca un punto mediante el cursor. El punto a introducir se situará en el concejo y parroquia especificados. Una vez que la herramienta ha terminado su ejecución, abriendo la tabla de atributos de la entidad AlmacenIncendios, podemos observar toda la información calculada para este nuevo incendio. Los resultados obtenidos para este incendio, dada la situación en la que se encuentra, son los siguientes:

AlmacenIncendios										
OBJECTID*	Shape*	Incendiold	Evento	Coor X	Coor Y	Temperatura	Vel viento	Dir viento	PendObser	
28	Point	20160521121721	20160521121721	212829,6318	4811532,446	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	
AlmacenIncendios										
ExpoObser	CombObser	ContObser	AccesObser	AfeccionEDE	AfeccionIER	AfeccionEP	AfeccionPHC	Observacion	Fecha	
<Null>	<Null>	<Null>	1	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	2016052	
AlmacenIncendios										
Hora	Estado	Parroquia	PROVMUN	Temp clas	Vviento class	Dviento clas	pendiente	Exposicion	Combustibilidad	
121721	Activo	731900	33073	1	1	1	1	2	0	
AlmacenIncendios										
Continuidad	Interes Forestal	ENP	CercaniaEDE	PeligroEDE	CercaniaIER	PeligroIER	CercaniaEP	PeligroEP	CercaniaPHC	
0	0	1	4	5	0	0	0	0	0	
AlmacenIncendios										
PeligroPHC	Com Forest	IndiceRiesgo	SumaCalculada	InceClasificacion						
0	13	2	75	Severa						

Figura 29: Alta de incendio Con afección a EDE.

Como se puede observar en la Figura 29, se ha generado un nuevo Identificador de incendio compuesto por la fecha y la hora correspondiendo al día 21/05/2016 a las 12:17:21.

Nuevamente, los campos que hacen referencia a las variables climáticas y las referidas a las variables estructurales y de afección tienen valor “Null” ya que no hay información de ellas. Para los campos de *AccesObser*, *Temp_clas*, *Vviento_class* y *Dviento_clas* adoptan valor de índice de 1 por defecto, ya que como se dijo con anterioridad siempre van a tener una repercusión en la propagación de los incendios y de esta manera se pueden incorporar en la suma del índice de gravedad potencial.

Como era de esperar, el campo *PeligroEDE* dado que el punto elegido se encuentra a una distancia tal que hace que se considere como el peligro más elevado y como consecuencia de esto el incendio recibe la máxima puntuación. Estos es así ya que, como se ha mencionado con anterioridad, si alguno de los campos referidos a la afección de elementos críticos recibe una valoración de 5, automáticamente dicho incendio ha de ser clasificado como incendio de gravedad severa.

Una vez se reciben los datos medidos en campo, se procede a ejecutar la herramienta del cálculo del índice de gravedad potencial. Para ello al abrir la herramienta, se pide al usuario que introduzca el archivo que contienen los datos para ejecutarse.

Como se puede observar en la Figura 30, el campo *Incendioid* es común para el alta del incendio y para el cálculo del IGP del incendio, siendo el campo *Evento* diferente. Una vez más se clasifican los valores de los factores climáticos según lo especificado en los apartados anteriores.

Como era de esperar, dado que el punto escogido afecta a los elementos críticos del tipo E.D.E, se obtiene una valoración de gravedad severa.

AlmacenIncendios										
Shape *	Incendioid	Evento	Coor X	Coor Y	Temperatura	Vel viento	Dir viento	PendObser	ExpoObser	
Point	20160521121721	20160521121721	212829,6318	4811532,446	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
Point	20160521121721	20160521123923	212834,188	4811764,766	15	16	85,15	1	3	

AlmacenIncendios										
CombObser	ContObser	AccesObser	AfeccionEDE	AfeccionIER	AfeccionEP	AfeccionPHC	Observacion	Fecha	Hora	
<Null>	<Null>	1	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	2016052	121721	
1	1	3	5	0	0	0	<Null>	2016052	123923	

AlmacenIncendios										
Estado	Parroquia	PROVMUN	Temp clas	Vviento class	Dviento clas	pendiente	Exposicion	Combustibilidad	Continuidad	
Activo	731900	33073	1	1	1	1	2	0	0	
Activo	731900	33073	1	3	4	2	1	0	0	

AlmacenIncendios										
Interes Forestal	ENP	CercaniaEDE	PeligroEDE	CercaniaIER	PeligroIER	CercaniaEP	PeligroEP	CercaniaPHC	PeligroPHC	
0	1	4	5	0	0	0	0	0	0	
0	1	5	5	0	0	5	5	0	0	

Com Forest	IndiceRiesgo	SumaCalculada	InceClasificacion
13	2	75	Severa
13	2	75	Severa

Figura 30: Valores obtenidos en el cálculo del índice de gravedad potencial para dicho incendio.

5. CONCLUSIONES

Se ha conseguido desarrollar a lo largo de este trabajo una aplicación capaz de dar de alta los incendios forestales y calcular el índice de gravedad potencial de los mismos utilizando el software ArcGIS® versión 10.2.2 a través del análisis de una serie de variables definidas en el documento de Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS redactado por el INDUROT.

En el desarrollo de la aplicación que hace posible el cálculo, no ha sido posible cuantificar la accesibilidad al incendio, propuesta por el citado documento de revisión del INFOPA, por las razones que se relatan en el apartado 3.2.1.1. Debido a esta imposibilidad, se propone que la valoración de la accesibilidad se realice en campo dado que el reconocimiento de la zona será más exhaustivo y verídico haciendo que la valoración sea fundamentada, sumándose a esto el conocimiento que poseen los integrantes del equipo de extinción de sus medios motorizados y sus capacidades de avance.

Dado mi bajo conocimiento en programación no se ha podido conectar la aplicación con el servidor que calcula y almacena el índice de riesgo de incendio diario por lo que se propone como mejora de la aplicación. De esa manera podría obtenerse de modo automático mediante una consulta en SQL al servidor en el que se obtenga en valor del índice de riesgo de incendio para la fecha y el código de comarca obtenido por la aplicación. Esto evitaría la necesidad de exportar dicha información a un archivo con formato CSV evitando posibles errores aleatorios a la hora de almacenar la información en el archivo.

6. FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA

- Cubo, J.E. et al (2012): Los incendios forestales en España: decenio 2001-2010.
- ESRI. 1995. Oracle and ESRI Announce Joint Agreement—Spatial Database Engine Released. ARC News 17(4):1–2
- Estrategia integral de prevención y lucha contra los incendios forestales en Asturias 2013-2016.
- Gobierno del Principado de Asturias. Consejería de Medio Rural y Pesca. Dirección General de Política Forestal. El monte en Asturias. Depósito legal: M-11601-2011.
[www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/.../el monte en asturias.pdf](http://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/.../el_monte_en_asturias.pdf)
[Consultado: 15/03/2016]
- Gobierno del Principado de Asturias, 2014. Revisión y actualización del riesgo por incendios forestales para la adaptación del PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. Redacción: INDUROT Universidad de Oviedo. Publica: Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (SEPA)
- INDUROT (2015): La guardería en la prevención y lucha contra los incendios forestales de Asturias. Material del curso promovido por el Instituto Asturiano de Administración Pública. Inédito.
- PLATERPA. Plan Territorial de Protección Civil del Principado de Asturias. Rev. 07 – Noviembre 2013.
- Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales. BOE núm. 293, de 7 de noviembre de 2013.
- Resolución de 31 de octubre de 2014, de la Subsecretaría, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales. BOE número 270 del 7 de Noviembre 2014.
- ROTHERMEL, Richard C. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. 1972.
- Tateosian, L, Python For ArcGIS. Editorial: Springer Cham Heidelberg Switzerland. ISBN: 978-3- 319-18397- 8. 2015.
- Trent University. Using ModelBuilder to Create Features Classes. Rev 04/2012.

- VÉLEZ, Ricardo. La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias. McGraw-Hill, 2000.