

Información geográfica – Esquema temporal

ISO 19108:2002(E)

Introducción

Esta Norma Internacional define los conceptos normativos necesarios para describir las características temporales de la información geográfica como abstracción de la realidad. Las características temporales de la información geográfica incluyen elementos como atributos, operaciones y asociaciones de entidades, así como metadatos que adquieren un valor en el dominio temporal.

La extensa aplicación de los ordenadores y sistemas de información geográfica ha tenido como resultado el creciente análisis multidisciplinar de los datos geoespaciales. La información geográfica no se limita al dominio espacial tridimensional. Muchos sistemas de información geográfica requieren datos temporales. Un esquema conceptual normativo para las características temporales, aumentará la capacidad de utilización de la información geográfica para ciertos tipos de aplicación, tales como las simulaciones y los modelos de predicción.

Siendo una realidad física fundamental, el tiempo es de interés para una amplia gama de disciplinas científicas y técnicas. Muchos de los conceptos que se describen en esta Norma Internacional son aplicables más allá del campo de la información geográfica. ISO/TC 211 no pretende crear normas independientes para la descripción del tiempo, pero el comité técnico piensa que es necesario crear las normas para la descripción de las características temporales de las colecciones de datos geográficos y sus entidades. Los creadores y usuarios de sistemas de información geográfica y software, usarán este esquema para producir estructuras de datos temporales comprensibles y homogéneas.

En el pasado se han tratado las características temporales de las entidades como atributos temáticos. Por ejemplo, la entidad "Edificio" puede tener el atributo "fecha de construcción". Sin embargo, existe cada vez mayor interés en describir el comportamiento de las entidades en función del tiempo. Hasta un cierto punto este hecho puede justificarse cuando el tiempo se trata independientemente del espacio. Por ejemplo, la ruta seguida por un objeto en movimiento puede representarse como un conjunto de entidades diferentes denominadas "puntos en camino", cada uno de los cuales se representa por un punto, y tiene un atributo que da el tiempo en el que el objeto estaba en esa posición espacial. Puede describirse el comportamiento en el tiempo más fácilmente si se combina la dimensión temporal con las dimensiones espaciales, de manera que una entidad pueda representarse como un objeto espaciotemporal. Por ejemplo, el camino de un objeto en movimiento podría representarse por medio de una curva trazada por coordenadas en x , y , t . Esta Norma Internacional se ha elaborado con el fin de universalizar el uso del tiempo en los atributos de las entidades. Aunque no se presenta la geometría de la entidad en función de una combinación de coordenadas espaciales y temporales, la Norma se ha redactado con el fin de establecer una base para poderlo hacer en una Norma futura dentro de la serie ISO 19100.

NORMA INTERNACIONAL ISO 19108:2002(E)

Información geográfica – Esquema temporal

1 Objeto y campo de aplicación

Esta Norma Internacional define pautas para la descripción de las características temporales de la información geográfica. Depende de las normas de la tecnología de la información existentes para el intercambio de información temporal. Constituye una base para la definición de los atributos temporales de las entidades, sus operaciones y asociaciones, así como para la definición de los aspectos temporales de los metadatos sobre información geográfica. Puesto que trata de las características temporales de la información geográfica como abstracciones del mundo real, esta Norma Internacional hace hincapié en el tiempo válido más que en el tiempo de transacción.

2 Concordancia

2.1 Clases de concordancia y requisitos

Esta Norma Internacional define cinco clases de concordancia dependiendo de la naturaleza del asunto a tratar.

2.2 Esquemas de aplicación para la transferencia de datos

Para ajustarse a esta Norma Internacional, un esquema de aplicación para la transferencia de datos debe satisfacer los requisitos del apartado A.1 del conjunto de pruebas teóricas en el Anexo A.

2.3 Esquemas de aplicación para datos con operaciones

Para ajustarse a esta Norma Internacional, un esquema de aplicación que contenga operaciones sobre datos debe satisfacer los requisitos del apartado A.2 del conjunto de pruebas teóricas en el Anexo A.

2.4 Catálogos de entidades

Para ajustarse a esta Norma Internacional, un catálogo de entidades debe satisfacer los requisitos del apartado A.3 del conjunto de pruebas teóricas en el Anexo A.

2.5 Especificaciones de metadatos

Para ajustarse a esta Norma Internacional, una especificación de metadatos debe satisfacer los requisitos del apartado A.4 del conjunto de pruebas teóricas en el Anexo A.

2.6 Metadatos para colecciones de datos

Para ajustarse a esta norma internacional, los metadatos de una colección de datos deben satisfacer los requisitos del apartado A.5 del conjunto pruebas en el Anexo A.

3 Normas para consulta

ISO 31-1:1992, *Cantidades y unidades – 1ª Parte: Espacio y tiempo*

ISO 1000:1992, *Unidades SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de algunas otras unidades*

ISO 8601:2000, *Datos y formatos de intercambio – Intercambio de información – Representación de fechas y tiempos*

ISO/IEC 11404:1996, *Tecnología de la información – Lenguajes de programación, sus entornos e interfaces software de sistema – Tipos de datos independientes del lenguaje*

ISO/TS 19103:-¹⁾, *Información geográfica – Lenguaje del esquema conceptual*

ISO 19107:-¹⁾, *Información geográfica – Esquema espacial*

ISO 19109:-¹⁾, *Información geográfica – Reglas para el esquema de aplicación*

ISO 19110:-¹⁾, *Información geográfica – Metodología y catalogación de entidades*

ISO 19111:-¹⁾, *Información geográfica – Referenciación espacial por coordenadas*

ISO 19115:-¹⁾, *Información geográfica – Metadatos¹*

4 Términos, definiciones y abreviaturas

4.1 Términos y definiciones

A efectos de esta Norma Internacional, son de aplicación los siguientes términos y definiciones.

4.1.1

Calendario

sistema de referencia temporal característico, que constituye una base para definir la **posición temporal** con una resolución de un **día**.

4.1.2

Era de calendario

Secuencia de **períodos** de uno de los tipos utilizados en un **calendario**, contando a partir de un **evento** específico.

4.1.3

Tiempo Universal Coordinado, UTC (*Coordinated Universal Time*)

Escala temporal según el Bureau International des Poids et Mesures (Oficina Internacional de Pesos y Medidas) y el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra, IERS (*International Earth Rotation Service*), que constituye la base de una difusión coordinada de las frecuencias estándar y señales horarias [ITU-R Rec. TF.686-1 (1997)]

4.1.4

Día

Período de duración nominalmente equivalente al **período de tiempo** de rotación de la tierra alrededor

¹ 1) Pendiente de publicación

de su eje.

4.1.5

Arco

primitiva topológica unidimensional [ISO 19107]

OBSERVACIÓN: La representación geométrica de un arco es una curva. El límite de un arco es el conjunto de uno o dos nodos asociados al arco dentro de un complejo topológico.

4.1.6

evento

acción que ocurre en un **instante**

4.1.7

entidad

abstracción de fenómenos del mundo real [ISO 19101]

OBSERVACIÓN Una entidad puede referirse tanto a un tipo o clase de entidad, como a una instancia de entidad (ejemplar o entidad individual). Cuando sólo se haga referencia a uno de ellos, es necesario especificar a cual.

4.1.8

asociación de entidades

relación entre entidades [ISO 19109]

1ª OBSERVACIÓN Una asociación de entidades puede darse entre tipos (clases) o entre instancias (ejemplares, individuos). Se usarán los términos asociación de clases de entidades o asociación de instancias de entidades, cuando sólo se haga referencia a uno de los dos casos.

2ª OBSERVACIÓN Las asociaciones de entidades incluyen la agregación de entidades.

4.1.9

atributo de una entidad

Propiedad (o característica) de una **entidad** [adaptado de ISO 19110]

OBSERVACIÓN Un atributo de una entidad posee un nombre, un tipo de datos y un dominio de valor asociado.

4.1.10

división de entidades

sucesión de entidades en la que una **entidad** preexistente se sustituye por dos o más de dos del mismo tipo de **entidad**.

EJEMPLO Una unidad del tipo de entidad "parcela de terreno" se sustituye por dos unidades del mismo tipo, cuando la parcela se subdivide legalmente.

4.1.11

fusión de entidades

sucesión de entidades en la que dos o más unidades preexistentes de un tipo de **entidad**, se sustituyen por una única del mismo tipo.

EJEMPLO Dos parcelas del tipo de entidad "terreno de pasto" se sustituyen por una sola parcela, cuando se quita la valla que los separa.

4.1.12

operación de entidad

operación que cada unidad de un tipo de **entidad** puede realizar [ISO 19110]

EJEMPLO Una operación en una "presa" es la elevación de su muro. El resultado de esta operación es el incremento de altura de la "presa", y del nivel del agua del "aliviadero".

OBSERVACIÓN Las operaciones de **entidades** proporcionan una base para la definición del tipo de **entidad**.

4.1.13

sustitución de entidades

sucesión de entidades en la que una unidad de **entidad** se sustituye por otra del mismo o de diferente tipo.

EJEMPLO Un elemento del tipo de entidad "edificio" se arrasa, y se sustituye por otro elemento del tipo "aparcamiento".

4.1.14

sucesión de entidades

sustitución de una o más unidades de una **entidad** por otras unidades, de manera que las primeras dejen de existir.

4.1.15

primitiva geométrica

objeto que representa un elemento único, conexo y homogéneo del espacio [ISO 19107]

OBSERVACIÓN Las primitivas geométricas son objetos indivisibles que presentan información sobre la configuración geométrica. Incluyen los puntos, las curvas, las superficies y los sólidos.

4.1.16

calendario gregoriano

calendario de uso general; fue introducido en 1582 para definir un año que se aproximara más al año tropical que el **calendario** juliano [adaptado de ISO 8601:2000]

OBSERVACIÓN La introducción del calendario gregoriano supuso la cancelación de las inexactitudes acumuladas del año juliano. En el calendario gregoriano un año puede ser regular o bisiesto; cada año se divide en doce meses.

4.1.17

instante

primitiva geométrica de dimensión 0 que representa una posición en el tiempo

OBSERVACIÓN La geometría del tiempo se discute en el apartado 5.2.

4.1.18

escala de intervalo

escala con un origen arbitrario, que puede utilizarse para describir tanto el orden o la jerarquía de valores, como la distancia entre ellos

OBSERVACIÓN La proporción o razón de valores medidos en una escala de intervalo no tiene sentido

4.1.19

fecha juliana

número de días julianos, seguido de la fracción decimal del **día**, transcurridos desde la luna precedente

4.1.20

número de días julianos

número de **días** transcurridos desde la media luna de Greenwich el 1 de enero de 4713 BC, calendario juliano proléptico

4.1.21

duración de vida

período de existencia de algo

OBSERVACIÓN Tiempo válido de vida es el período durante el cual un objeto existe en la realidad modelada. Tiempo de transacción de vida es el período durante el cual, el objeto de una base de datos existe en dicha base de datos.

4.1.22

mes

período aproximadamente igual en **duración** al **tiempo periódico** de un **ciclo** lunar

OBSERVACIÓN La duración de un mes es un número entero de días. El número de días de un mes se determina por las reglas de un determinado calendario.

4.1.23

nodo

primitiva topológica de dimensión 0 [ISO 19107]

OBSERVACIÓN El límite (o frontera) de un nodo es el vacío.

4.1.24

era ordinal

uno de una serie de **períodos** ordenados en el tiempo

4.1.25

escala ordinal

escala que sirve de base para medir solamente la posición relativa de un objeto

4.1.26

sistema de referencia temporal ordinal

sistema de referencia temporal que consta de **eras ordinales**

4.1.27

período

primitiva geométrica unidimensional que representa extensión en el tiempo

OBSERVACIÓN Un período está limitado por dos posiciones temporales diferentes.

4.1.28

tiempo periódico

duración de un **ciclo** [adaptado de ISO 31-12:1992]

4.1.29

punto

primitiva geométrica de dimensión 0 que representa una posición [ISO19107]

OBSERVACIÓN El límite de un punto es el vacío.

4.1.30

coordenada temporal

distancia desde el origen de la **escala de intervalo**, utilizada como base del **sistema de coordenadas temporales**

4.1.31

sistema de coordenadas temporales

sistema de referencia temporal basado en una **escala de intervalo** en la que se mide la distancia como múltiplo de una unidad temporal única

4.1.32

asociación de entidades temporales

asociación de entidades caracterizada por una referencia al tiempo o por una restricción temporal

4.1.33

operación de entidades temporales

operación de entidades expresada como una función del tiempo

4.1.34

posición temporal

localización relativa a un **sistema de referencia temporal**

4.1.35

sistema de referencia temporal

sistema de referencia con el que se mide el tiempo

4.1.36

complejo topológico

colección de **primitivas topológicas** que es cerrada en operaciones de frontera [ISO 19107]

OBSERVACIÓN Cerrado en operaciones de frontera, significa que si una primitiva topológica pertenece a un complejo topológico, los objetos de su límite también pertenecen a dicho complejo topológico.

4.1.37

primitiva topológica

objeto topológico que representa un elemento único indivisible [ISO 19107]

OBSERVACIÓN Una primitiva topológica corresponde al interior de una primitiva geométrica de la misma dimensión en una realización (representación) geométrica.

4.1.38

tiempo de transacción

tiempo durante el cual un hecho está almacenado en una base de datos, y puede recuperarse [Jensen et al. (1994)]

4.1.39

tiempo válido

tiempo durante el cual un hecho es verdadero en la realidad [Jensen et al. (1994)]

4.2 Abreviaturas

A efectos de esta Norma Internacional, son de aplicación las siguientes abreviaturas.

AD Anno Domini

BC Antes de Cristo (*Before Christ*)

GPS Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System*)

TOW Tiempo de la Semana (*Time of Week*)

UML Lenguaje Modelado Unificado (*Unified Modelling Language*)

UTC Tiempo Universal Coordinado (*Coordinated Universal Time*)

WN Número de Semanas (*Week Number*)

5 Esquema conceptual para los aspectos temporales de la información geográfica

5.1 Estructura del esquema

Este capítulo presenta un esquema conceptual para describir los aspectos temporales de la información geográfica. El esquema se describe explícitamente en el Lenguaje Modelado Unificado (UML) [Grupo de Gestión de Objetivos (1999)]. ISO/TS 19103 describe la manera en que se usa UML en esta familia de normas. Los tres aspectos básicos de una clase UML son los atributos, las operaciones y las asociaciones. Este esquema utiliza los tres. Este esquema es un modelo abstracto; para ajustarse a esta Norma Internacional, una implementación debe proporcionar las prestaciones descritas por estos elementos del modelo abstracto, aunque no es necesario implementarlas de la misma forma.

El esquema consta de dos paquetes (véase figura 1). El paquete Objetos Temporales (que se describe en el apartado 5.2) define objetos temporales geométricos y topológicos, que deben usarse como valores de las características temporales de las entidades y colecciones de datos. La posición temporal de un objeto debe especificarse en relación con un sistema de referencia temporal. El paquete Sistema de Referencia Temporal (apartados 5.3, 5.4), suministra elementos para la descripción de sistemas de referencia temporal. El apartado 5.5 describe cómo deben usarse los conceptos, que se especifican en los apartados 5.2 a 5.4, en el contexto de la información geográfica.

Figura 1 – Estructura del esquema temporal

Temporal Objects = Objetos Temporales

Temporal Reference System = Sistema de Referencia Temporal

Los nombres de las clases UML, definidas en la serie ISO 19100 de normas, comienzan por un prefijo de dos letras seguidas de un guión bajo para identificar la norma específica, y posiblemente el paquete en el que se definen. Se usa TM_ para identificar las clases que se definen en esta Norma Internacional.

5.2 Geometría del tiempo

5.2.1 Tiempo como dimensión

El tiempo es una dimensión análoga a cualquiera de las dimensiones espaciales. Como el espacio, el tiempo tiene una geometría y una topología. Un punto en el tiempo ocupa una posición que puede identificarse en relación con un sistema de referencia temporal. La distancia se puede medir. Sin embargo, a diferencia del espacio, el tiempo tiene una única dimensión –los sistemas de referencia temporal son análogos a los sistemas de referencia lineales que se utilizan para describir las posiciones espaciales en algunos tipos de aplicaciones. Aunque el tiempo tiene una dirección absoluta –el movimiento siempre es hacia adelante– el tiempo puede medirse en dos direcciones.

OBSERVACIÓN Aunque conceptualmente el tiempo siempre tiene geometría y topología, a veces es posible o deseable describir sólo una de las dos.

El tiempo se mide por medio de dos tipos de escalas, ordinal y de intervalo. Una escala ordinal sólo proporciona información sobre la posición relativa en el tiempo, mientras que una escala de intervalo ofrece una base para medir la duración.

5.2.2 Objetos temporales

Los objetos temporales geométricos y topológicos deben utilizarse como valores de las propiedades de entidades y colecciones de datos. Véase el apartado 5.5 y el anexo B para explicación y ejemplos. TM_Object (véase figura 2) es una clase abstracta que tiene dos subclases. TM_Primitive es una clase abstracta que representa un elemento indivisible de geometría o topología del tiempo. Hay dos subclases

de TM_Primitive. Un TM_GeometricPrimitive (apartado 5.2.3), que da información sobre la posición temporal. Un TM_TopologicalPrimitive (apartado 5.2.4.2), que da información sobre conectividad en el tiempo. Un TM_Complex es una agregación de TM_Primitives. El TM_TopologicalComplex (apartado 5.2.4.5) es la única subclase de TM_Complex que se define en esta Norma Internacional; es una agregación de TM_TopologicalPrimitives conexos.

Figura 2 – Objetos temporales

(no se traduce nada. Son clases UML)

5.2.3 Primitivas geométricas temporales

5.2.3.1 Clases de primitivas geométricas temporales

Las dos primitivas geométricas en la dimensión temporal son el instante y el período. Estas primitivas se definen analíticamente, en el caso del tiempo medido en una escala de intervalo, y analógicamente, en el caso del tiempo medido en una escala ordinal. TM_GeometricPrimitive es una clase abstracta con dos subclases. TM_Instant representa un instante y TM_Period representa un período (véase figura 3). TM_GeometricPrimitive hereda de TM_Primitive una dependencia del interfaz TM_Order y también depende del interfaz TM_Separation. El estereotipo "usa" en la dependencia significa que la clase puede realizar cualquiera de las operaciones definidas por la interfaz, aunque no es necesario que lo haga con todas.

Figura 3 – Primitivas geométricas temporales

Interface = Interfaz

Uses = Usa

Begin =comienza

Beginning = Comienzo

BegunBy = Comenzado por

End =finaliza

Ending =Final

EndedBy = Finalizado por

(clases UML y operaciones no se traducen)

5.2.3.2 TM_Instant

Un instante es una primitiva geométrica de dimensión cero que representa una posición en el tiempo. Es equivalente a un punto en el espacio. En la práctica, un instante es un intervalo cuya duración es inferior a la resolución de la escala del tiempo.

Atributos:

TM_Instant tiene un atributo.

a) *position*: *TM_TemporalPosition* debe dar la posición del TM_Instant. *TM_TemporalPosition* debe asociarse a un único sistema de referencia temporal, como se especifica en el apartado 5.3. Un ejemplar de TM_Instant es un objeto identificable, mientras que un ejemplar de *TM_TemporalPosition* es un valor. El *TM_TemporalPosition* de un TM_Instant puede reemplazarse por un *TM_TemporalPosition* equivalente, asociado a un sistema de referencia temporal diferente.

5.2.3.3 TM_Period

El período es una primitiva geométrica unidimensional que representa extensión en el tiempo. El período es equivalente a una curva en el espacio. Como la curva, es un intervalo abierto, limitado por puntos de comienzo y fin (instantes), y tiene una longitud (duración). Su localización en el tiempo se describe por medio de las posiciones temporales de los instantes en los que comienza y finaliza; su duración es igual a la distancia temporal entre esas dos posiciones temporales.

Partiendo de la base de que es imposible medir la duración en una escala ordinal, un instante no puede distinguirse de un período. En la práctica, el tiempo durante el cual ocurre un único evento, puede considerarse un instante cuando el tiempo se mide en una escala ordinal. Una serie de eventos consecutivos tiene que ocupar un intervalo de tiempo, un período. El término período se aplica habitualmente a secuencias de eventos que tienen en común características distintivas.

Asociaciones:

a) *Comienzo* asocia el TM_Period al TM_Instant en el que comienza.

b) *Fin* vincula el TM_Period al TM_Instant en el que finaliza.

Por una serie de razones, la posición del TM_Instant, señalada por *comienza* o *finaliza*, puede estar indeterminada. Véase apartado 5.4.3, discusión de posiciones temporales indeterminadas.

Limitaciones:

a) {self.begin.position<self.end.position} indica que la posición temporal del comienzo del período tiene que ser inferior, es decir, anterior a la posición temporal del fin del período.

5.2.3.4 TM_Order

Los TM_GeometricPrimitives heredan una dependencia del TM_Order proveniente del TM_Primitive. TM_Order **facilita** una operación para determinar la posición de este TM_Primitive relativa a otro TM_Primitive.

Operación:

a) *relativePosition (other:TM_Primitive)*: TM_RelativePosition aceptará otro TM_Primitive como entrada, y devolverá un valor para TM_RelativePosition, como se especifica en el apartado 5.2.3.5.

5.2.3.5 TM_RelativePosition

El tipo de datos enumerados TM_RelativePosition, dan valores para las posiciones relativas (véase figura 4) y se basan en las 13 relaciones temporales identificadas por Allen (1983). Para los TM_Primitives, la operación *TM_Order.relativePosition* devolverá un valor para la TM_RelativePosition de la siguiente manera:

a) Si este TM_Primitive y el otro son TM_Instants, la operación dará por resultado un valor para TM_RelativePosition, tal y como se indica a continuación:

Resultados. En el caso de que:

Antes (*Before*) self.position < other.position

Es igual (*Equals*) self.position = other.position

Después (*After*) self.position > other.position

b) Si este TM_Primitive es un TM_Period, y el otro es un TM_Instant, la operación dará por resultado un valor para TM_RelativePosition, como se indica a continuación:

Resultados. En el caso de que:

Antes (*Before*) self.end.position < other.position

Finalizado por (*EndedBy*) self.end.position = other.position

Contiene (*Contains*) self.begin.position < other.position AND self.end > other.position

Comenzado por (*BegunBy*) self.begin.position = other.position

Después (*After*) self.begin.position > other.position

c) Si este TM_Primitive es un TM_Instant, y el otro es un TM_Period, la operación dará por resultado un valor para TM_RelativePosition, como se indica a continuación:

Resultados. En el caso de que:

Antes (*Before*) self.position < other.begin.position

Comienza (*Begins*) self.position = other.begin.position

Durante (*During*) self.position > other.begin.position AND self.position < other.end.position

Finaliza (*Ends*) self.position = other.end.position

Después (*After*) self.position > other.end.position

Figura 4 – TM_RelativePosition (quizá no deba traducirse nada)

+Before : Code = Antes : Código

+After: Code = Después : Código

+Begins : Code = Comienza : Código

+Ends: Code = Finaliza : Código

+During: Code = Durante : Código

+Equals: Code = Es igual : Código

+Contains: Code = Contiene : Código

+Overlaps: Code = Se superpone : Código
+Meets: Code = Se encuentra con : Código
+OverlappedBy: Code = Superpuesto por : Código
+MetBy : Code = Encontrado por: Código
+BegunBy: Code = Comenzado por: Código
+EndedBy: Code = Finalizado por : Código

d) Si este TM_Primitive y el otro son TM_Periods, la operación dará por resultado un valor para TM_RelativePosition, como se indica a continuación:

Resultados. En caso de que:

Antes (*Before*) $\text{self.end.position} < \text{other.begin.position}$

Se encuentra con (*Meets*) $\text{self.end.position} = \text{other.begin.position}$

Se superpone (*Overlaps*) $\text{self.begin.position} < \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end.position} > \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end.position} < \text{other.end.position}$

Comienza (*Begins*) $\text{self.begin.position} = \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end.position} < \text{other.end.position}$

Comenzado por (*BegunBy*) $\text{self.begin.position} = \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end.position} > \text{other.end.position}$

Durante (*During*) $\text{self.begin.position} > \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end.position} < \text{other.end.position}$

Contiene (*Contains*) $\text{self.begin.position} < \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end.position} > \text{other.end.position}$

Es igual (*Equals*) $\text{self.begin.position} = \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end} = \text{other.end.position}$

Superpuesto por (*OverlappedBy*) $\text{self.begin.position} > \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.begin.position} < \text{other.end.position}$ AND $\text{self.end.position} > \text{other.end.position}$

Finaliza (*Ends*) $\text{self.begin.position} > \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end.position} = \text{other.end.position}$

Finalizado por (*EndedBy*) $\text{self.begin.position} < \text{other.begin.position}$ AND $\text{self.end.position} = \text{other.end.position}$

Encontrado por (*MetBy*) $\text{self.begin.position} = \text{other.end.position}$

Después (*After*) $\text{self.begin.position} > \text{other.end.position}$

Esta operación dará lugar a una excepción, si algún valor de entrada de TM_TemporalPosition es indeterminado.

5.2.3.6 TM_Separation

El TM_GeometricPrimitive también tiene dependencia del interfaz TM_Separation, que proporciona operaciones para calcular longitud y distancia. TM_Duration (véase figura 5) es un tipo de datos que contiene los valores resultado de esas operaciones.

a) *length()*: *TM_Duration* indica la duración de este TM_GeometricPrimitive. Por definición, la longitud de un TM_Instant es cero. Cuando el TM_GeometricPrimitive es un TM_Period, la operación dará la distancia entre las posiciones temporales suministradas por TM_Period.begin y TM_Period.end. Esta operación generará una excepción, si el valor de uno de los TM_TemporalPositions es indeterminado, o si los TM_TemporalPositions están referenciados al TM_OrdinalReferenceSystem.

b) *distance (other:TM_GeometricPrimitive)*: *TM_Duration* dará la distancia desde este TM_GeometricPrimitive al otro TM_GeometricPrimitive, es decir, el valor absoluto de la diferencia entre sus posiciones temporales. La distancia será la que existe entre los dos TM_TemporalPositions más cercanos a los dos TM_GeometricPrimitives. Si uno de ellos está conectado, se superpone o está contenido dentro del otro, la operación dará como resultado el valor cero. La operación generará una excepción si: (1) el valor de uno de los dos TM_TemporalPositions es indeterminado, (2) ambos TM_TemporalPositions no están asociados al mismo TM_ReferenceSystem o (3), uno de los TM_TemporalPositions está asociado a un TM_OrdinalReferenceSystem.

5.2.3.7 TM_Duration

TM_Duration (véase figura 5) es un tipo de datos que se utiliza para describir longitud o distancia en la dimensión temporal. Tiene dos subtipos.

TM_PeriodDuration usa el formato especificado por ISO 8601 para intercambio de información sobre la

duración de un período. Permite que la duración se exprese en múltiplos de unidades de tiempo, específicamente en años, meses, días, horas, minutos y segundos. Aunque los valores individuales son opcionales, como mínimo hay que especificar un valor para una unidad.

Atributos:

a) *designator*: *Cadena de caracteres* = *P* es un elemento obligado que indica que los caracteres que siguen representan la duración de un período.

b) *years* [*0.. 1*]: *Cadena de caracteres* es un número entero positivo seguido de la letra "Y", que indica el número de años en el período.

c) *months* [*0.. 1*]: *Cadena de caracteres* es un número entero positivo seguido de la letra "M", que indica el número de meses en el período.

d) *days* [*0.. 1*]: *Cadena de caracteres* es un número entero positivo seguido de la letra "D", que indica el número de días en el período.

e) *timeIndicator* [*0.. 1*]: *Cadena de caracteres* = *T* debe incluirse siempre que la secuencia contenga valores para unidades inferiores a un día.

f) *hours* [*0.. 1*]: *Cadena de caracteres* es un número entero positivo seguido de la letra "H", que indica el número de horas en el período.

g) *minutes* [*0.. 1*]: *Cadena de caracteres* es un número entero positivo seguido de la letra "M", que indica el número de minutos en el período.

h) *seconds* [*0.. 1*]: *Cadena de caracteres* es un número entero positivo seguido de la letra "S", que indica el número de segundos en el período.

EJEMPLO Una duración de cinco días, cuatro horas y 30,7 minutos se representa como P5DT4H30.7M.

NOTE Aunque este formato se ha definido en ISO 8601 para ser utilizado con fechas en el calendario gregoriano y tiempos en UTC, *TM_PeriodDuration* puede usarse como un tipo de dato para expresar longitud o distancia, siempre que las posiciones temporales estén referenciadas a un calendario que describa fechas en términos de años, meses y días, y un reloj que describa tiempos en horas, minutos y segundos.

Figura 5 – *TM_Duration*

Data Type = Tipo de datos (es lo único que se traduce aquí)

TM_IntervalLength es un tipo de dato especificado por ISO/IEC 11404 para intervalos de tiempo, aquí representado en UML. Sirve para expresar la duración en términos de un múltiplo de una unidad de tiempo.

Atributos:

a) *unit*: *Cadena de caracteres* es el nombre de la unidad de medida utilizada para expresar la longitud del intervalo.

b) *radix*: *Integer* es un entero positivo que es la base del multiplicador de la unidad.

c) *factor*: *Integer* es un entero que es el exponente de la base.

d) *value*: *Integer* es la longitud del intervalo de tiempo expresada como un múltiplo entero de una base^(factor) de la unidad especificada.

EJEMPLO Unidad = "segundo", base = 10, factor = 3, valor = 7, representa una longitud de intervalo de tiempo de 7 ms.

5.2.4 Objetos topológicos temporales

5.2.4.1 Introducción

La topología da información sobre la conectividad entre objetos en el tiempo y, ocasionalmente, puede dar información sobre la ordenación de objetos en el tiempo. No da información sobre posición temporal. Con frecuencia las relaciones topológicas pueden derivarse de la información geométrica. Sin embargo, en algunas ocasiones, los datos sobre posición temporal son inadecuados para este propósito, así que puede ser necesario describir la topología de manera explícita. La topología puede también utilizarse en aplicaciones que requieren una descripción explícita de las relaciones topológicas, incluso en el caso de que éstas puedan ser derivadas.

EJEMPLO Es posible observar el orden de varios eventos o estados dentro de una era ordinal específica, pero el sistema de referencia temporal ordinal no permite la asignación de diferentes posiciones temporales a estos eventos o estados. Se puede describir el orden, modelando estos eventos o estados con primitivas topológicas.

5.2.4.2 TM_TopologicalPrimitive

Una primitiva topológica representa un elemento único e indivisible de topología, que tiene relaciones con otras primitivas topológicas dentro de un complejo topológico. Las dos primitivas topológicas relevantes para la información temporal son el nodo, que tiene dimensión 0, y el arco, que es unidimensional. En el esquema temporal se presentan bajo dos subclases de TM_TopologicalPrimitive: TM_Node y TM_Edge (véase figura 6). Cuando una aplicación incluye tanto información sobre posición temporal como sobre conectividad, un TM_TopologicalPrimitive puede asociarse a un TM_GeometricPrimitive de la misma dimensión. Como las primitivas topológicas sirven para proporcionar información sobre conectividad, sus propiedades más significativas son las asociaciones que las vinculan entre sí. Y además, está el requisito de que cada TM_TopologicalPrimitive ha de ser miembro de uno y solamente un TM_TopologicalComplex.

Figura 6 – Topología del tiempo

Complex = Complejo

Primitive = Primitivo

PreviousEdge = Arco anterior

NextEdge = Arco posterior o siguiente

Termination = Terminación

Initiation = Inicio

End = Fin

Start = Comienzo

Topology = Topología

Realization = Realización [representación]

Geometry = Geometría

(lo demás no debe traducirse)

5.2.4.3 TM_Node

El TM_Node es la primitiva topológica de dimensión 0 en el tiempo. Su realización geométrica es un TM_Instant.

Asociaciones:

El TM_Node se asocia de tres maneras:

- a) Inicio (*Initiation*), que vincula este TM_Node a los TM_Edges de los que es el comienzo.
- b) Terminación (*Termination*), que vincula este TM_Node a los TM_Edges de los que es el fin.
- c) Realización (*Realization*), que es una asociación opcional que puede vincular este TM_Node a su correspondiente TM_Instant. Solamente un TM_Node puede asociarse a un TM_Instant, y sólo un TM_Instant puede asociarse a un TM_Node.

5.2.4.4 TM_Edge

El TM_Edge es la primitiva topológica unidimensional. Corresponde al TM_Period.

Asociaciones:

El TM_Edge podrá asociarse de tres maneras:

- a) Inicio (*Initiation*), que lo vincula al TM_Node que es su comienzo. Un TM_Edge sólo puede tener un nodo de comienzo.
- b) Terminación (*Termination*), que lo vincula al TM_Node que es su fin. Un TM_Edge sólo puede tener un nodo final.
- c) Realización (*Realization*), que es una asociación opcional que lo vincula a su correspondiente TM_Period. Sólo un TM_Edge puede asociarse a un TM_Period, y sólo un TM_Period puede asociarse a un TM_Edge.

5.2.4.5 TM_Topological Complex

Un complejo topológico es un conjunto de primitivas topológicas conexas. Una primitiva topológica está siempre conectada a otra u otras primitivas topológicas y es siempre, por consiguiente, un miembro de

un complejo topológico. Los complejos topológicos temporales se representan en este esquema por medio de la clase `TM_TopologicalComplex`.

Asociaciones:

a) Composición (*Composition*), que vincula el `TM_TopologicalComplex` al conjunto de `TM_TopologicalPrimitives` que comprende. Puesto que cada `TM_Edge` en el `TM_TopologicalComplex` está vinculado a dos `TM_Nodes`, el mínimo número de `TM_Nodes` en el complejo es dos.

5.2.4.6 Grafos lineales y no lineales

5.2.4.6.1 Grafo no lineal

Los valores de multiplicidad del extremo de un `TM_Edge`, correspondientes a las asociaciones del tipo *Inicio* y *Terminación* (véase figura 6), permiten una topología no lineal. Un `TM_Node` puede ser el *nodo de comienzo* o el *nodo final* (*startNode*, *endNode*) para más de un `TM_Edge`. Se asume que los `TM_Edges` que comparten un *nodo de comienzo* o un *nodo final*, están de alguna forma separados, bien porque representen características temporales de entidades diferentes o porque representen características temporales diferentes de la misma entidad.

OBSERVACIÓN La topología no lineal del tiempo es análoga a la topología no planar en el espacio. En ambos casos se asume que las primitivas topológicas que aparentemente se cruzan o se superponen, en realidad están separadas por una dimensión adicional no medida.

5.2.4.6.2 Grafo lineal

Como el tiempo es una única dimensión, la topología temporal debería representarse por un grafo lineal. En la topología lineal un `TM_TopologicalComplex` es una secuencia de `TM_Primitives`, en los que los `TM_Nodes` alternan con `TM_Edges`. El primer elemento de la secuencia es el *nodo de comienzo* del primer `TM_Edge` de la secuencia y el último elemento es el *nodo final* del último `TM_Edge` de la secuencia. Para restringir un esquema de aplicación a la topología lineal. Los valores de multiplicidad del extremo_ de un `TM_Edge`, correspondientes a las asociaciones del tipo *Inicio* y *Terminación*, se limitarán a 0.. 1, de manera que cada `TM_Node` que no sea el primero y el último [se unirá] se conectará a dos, y solamente a dos `TM_Edges`, un arco anterior y un arco siguiente (*previousEdge*, *nextEdge*).

5.2.4.7 TM_Order

Los `TM_TopologicalPrimitives` heredan el interfaz `TM_Order` del `TM_Primitive`. `TM_Order` dispone de una operación para determinar la posición de este `TM_Primitive` con respecto a otro `TM_Primitive`.

Operación:

a) *RelativePosition* (*other:TM_Primitive*): *TM_RelativePosition* aceptará la entrada de un `TM_Primitive` y devolverá una `TM_RelativePosition` como se especifica a continuación.

Las posiciones relativas de dos `TM_TopologicalPrimitives` dependen de las posiciones que ocupan dentro de la secuencia de `TM_TopologicalPrimitives` que componen un `TM_TopologicalComplex`. Para los `TM_TopologicalPrimitives` esta operación devolverá un valor de `TM_RelativePosition`, del tipo de datos enumerados, (véase figura 4) de la siguiente manera:

Resultados: En el caso de que:

Antes (*Before*) Este `TM_TopologicalPrimitive` es anterior en la secuencia al *otro*, y no está vinculado a éste por una asociación de *Inicio* o *Terminación*.

Se encuentra con (*Meets*) Los dos `TM_TopologicalPrimitives` son `TM_Edges` asociados al mismo `TM_Node`, en el que este `TM_Edge` está vinculado al `TM_Node`, como arco *anterior*, por una asociación de *Terminación*, y el otro está vinculado al `TM_Node`, como *arco siguiente*, por una asociación de *Inicio*.

Comienza (*Begins*) Este `TM_TopologicalPrimitive` es un `TM_Node`, el *otro* es un `TM_Edge` y estos dos `TM_Primitives` están vinculados en una asociación de *Inicio*.

Comenzado por (*BegunBy*) Este `TM_TopologicalPrimitive` es un `TM_Edge`, el *otro* es un `TM_Node`, y estos dos `TM_Primitives` están vinculados por una asociación de *Inicio*.

Es igual (*Equals*) Este `TM_TopologicalPrimitive` y el *otro* son iguales.

Finaliza (*Ends*) Este `TM_TopologicalPrimitive` es un `TM_Node`, el *otro* es un `TM_Edge`, y estos dos `TM_Primitives` están vinculados por una asociación de *Terminación*.

Finalizado por (*EndedBy*) Este `TM_TopologicalPrimitive` es un `TM_Edge`, el *otro* es un `TM_Node` y estos dos `TM_Primitives` están vinculados en una asociación de *Terminación*.

Encontrado por (*MetBy*) Los dos `TM_TopologicalPrimitives` son `TM_Edges` asociados al mismo `TM_Node`, donde este `TM_Edge` está vinculado al `TM_Node`, como *arco siguiente*, por una asociación de *Inicio*, y el *otro* está vinculado al `TM_Node`, como *arco anterior*, por una asociación de *Terminación*.

Después (*After*) Este `TM_TopologicalPrimitive` es posterior en la secuencia al *otro*, y no está vinculado a él por una asociación de *Inicio* o *Terminación*.

La operación generará una excepción si los dos `TM_TopologicalPrimitives` no están en el mismo `TM_TopologicalComplex`.

5.3 Sistemas de referencia temporal

5.3.1 Tipos de sistemas de referencia temporal

Un valor en el dominio del tiempo es una posición temporal, medida en relación a un sistema de referencia temporal. ISO 8601 especifica el uso del calendario gregoriano y el tiempo local de 24 horas o Tiempo Universal Coordinado, UTC (*Coordinated Universal Time*), para el intercambio de información. Éste será el sistema de referencia temporal de uso en la información geográfica. Un sistema de referencia temporal diferente puede resultar adecuado en ciertas aplicaciones de información geográfica. En este caso, el catálogo de entidades o los metadatos asociados a un esquema de aplicación o colección de datos, debe incluir, bien una mención a un documento que describa ese sistema de referencia temporal, o una descripción de ese sistema. Cuando se utiliza más de un sistema de referencia temporal en un único catálogo de entidades, esquema de aplicación o colección de datos, la definición de cada característica temporal identificará el sistema de referencia temporal utilizado. Este apartado describe un esquema conceptual que debe usarse como base para tales descripciones. El Anexo C define elementos de metadatos, derivados de este esquema, que se deben utilizar en una descripción de ese tipo.

El paquete del sistema de referencia temporal incluye tres tipos habituales de sistemas de referencia: calendarios (utilizados con relojes para una mayor resolución), sistemas de coordenadas temporales y sistemas de referencia temporal ordinal (véase figura 7).

Figura 7 – Sistemas de referencia temporal

(no se traduce nada)

La clase `TM_ReferenceSystem` dispondrá de los siguientes atributos.

a) *name:RS_Identifier* dará un nombre que identifique el sistema de referencia temporal de forma inequívoca. En ISO 19111 se define el tipo de datos `RS_Identifier`.

b) *DomainOfValidity: EX_Extent* identificará el espacio y el tiempo en los que el `TM_ReferenceSystem` es aplicable. El tipo de datos `EX_Extent` se especifica en ISO/TS 19103. Permite una descripción de la extensión espacial y temporal. Este atributo debe usarse siempre que un esquema de aplicación incluya `TM_TemporalPositions` referenciadas a un `TM_ReferenceSystem`, que tenga una extensión válida inferior a la extensión de la colección de datos que contiene tales valores.

Los siguientes tres apartados describen los esquemas para los tres tipos de sistema de referencia.

5.3.2 Calendarios y relojes

5.3.2.1 Introducción

Los calendarios y los relojes se basan en escalas de intervalo. Un calendario es un sistema de referencia temporal que permite definir la posición temporal con una resolución de un día. Un reloj permite definir la posición temporal dentro del día. Hay que usar el reloj con el calendario para poder obtener una descripción completa de una posición temporal en un día específico. En la figura 8 se indican los detalles de las clases `TM_Calendar` y `TM_Clock`.

Los calendarios tienen una serie de estructuras internas complejas. Este esquema define la interfaz de un simple calendario externo. En el Anexo D se describe con mayor detalle la estructura interna de los calendarios.

Todo calendario establece un conjunto de reglas para componer una fecha de calendario a partir de un conjunto de elementos tales como el año, el mes y el día. En todo calendario se numeran los años en relación con la fecha de un acontecimiento de referencia que define una era de calendario. Un único calendario puede hacer referencia a más de una era de calendario (véanse ejemplos en D.3.1 y D.3.2).

Figura 8 – Calendario y reloj

Dating System = Sistema para Fechar

Date Basis = Base de Fechas

Reference Frame = Marco de Referencia

Time Basis = Base de Tiempos
Basis = Base
Resolution = Resolución
Character String = Cadena de caracteres
(lo demás no se traduce)

5.3.2.2 Era de calendario

La clase TM_Calendar contiene los siguientes atributos:

- a) *name*: Cadena de Caracteres identifica de manera inequívoca la era dentro de este calendario.
- b) *referenceEvent*: Cadena de Caracteres dará el nombre o descripción de un acontecimiento mítico o histórico, que fija la posición de la escala base de la era de calendario.
- c) *referenceDate*: TM_CalDate dará la fecha del acontecimiento de referencia expresado como una fecha en un determinado calendario. En la mayoría de los calendarios esta fecha es el origen (es decir, el primer día) de la escala, aunque no siempre esto es así.
- d) *julianReference*: JulianDate dará la fecha juliana que corresponde a la fecha de referencia.
- e) *epochOfUse*: TM_Period identificará el TM_Period para el que se usaba la era de calendario como base para fechar. El tipo de datos para TM_Period.begin y TM_Period.end será la fecha juliana (véase apartado 5.4.5.2).

Asociaciones:

- a) Base (*Basis*) vincula este TM_CalendarEra a los TM_Calendars que usan esta TM_CalendarEra como referencia para fechar.

5.3.2.3 Calendario

TM_Calendar podrá operar de las siguientes maneras:

- a) *dateTrans* (*calDate*, *time*: TM_ClockTime): JulianDate aceptará una fecha y un tiempo en el calendario y reloj especificados como entrada, y devolverá una fecha juliana.
- b) *julTrans* (*jdt*: JulianDate): TM_CalDate aceptará una fecha juliana como entrada, y devolverá una fecha en este calendario.

OBSERVACIÓN El sistema de numeración de los días julianos es un sistema de coordenadas temporales que tiene un origen más antiguo que cualquier otro calendario conocido. La transformación de las fechas de calendario a las fechas julianas o viceversa, facilita una base relativamente simple para la transformación de un calendario a otro.

Cualquier descripción de la estructura interna de un calendario en particular, debe incluir suficiente información para permitir al usuario la ejecución de estas operaciones. Debe incluir una descripción de cada era de calendario asociada al calendario, y debe ofrecer suficiente información, para que pueda mostrarse una fecha en ese calendario y la fecha juliana equivalente.

Asociaciones:

- a) Base (*Basis*) vinculará este TM_Calendar a las TM_CalendarEras que usa como referencia para fechar.
- b) Resolución (*Resolution*) vinculará este TM_Calendar al TM_Clock que se utilice para especificar posiciones temporales, dentro del intervalo más corto del calendario.

5.3.2.4 Reloj

TM_Clock contiene los siguientes atributos:

- a) *referenceEvent*: Cadena de Caracteres dará el nombre o la descripción de un acontecimiento, como el mediodía solar o la salida del sol, que fije la posición de la escala base del reloj.
- b) *referenceTime*: TM_ClockTime dará la hora del día asociada con el acontecimiento de referencia, expresada como hora del día en un reloj dado. La hora de referencia es habitualmente el origen de la escala del reloj.
- c) *utcReference*: TM_ClockTime dará la hora local (24 horas) (UTC) que corresponda a la hora de referencia.

TM_Clock podrá efectuar las siguientes operaciones:

a) *clkTrans (uTime: TM_ClockTime)*: *TM_ClockTime* aceptará una hora local (24 horas) (UTC) y devolverá la hora equivalente del día expresada en términos del reloj que se especifica.

b) *utcTrans (clkTime: TM_ClockTime)*: *TM_ClockTime* aceptará una hora del día expresada en términos del reloj que se especifica y devolverá la hora equivalente del día en hora local (24 horas) (UTC).

5.3.3 Sistemas de coordenadas temporales

La mención específica de la posición temporal en términos de fecha de calendario y hora del día complica el cálculo de las distancias entre puntos y la descripción funcional de las operaciones temporales. Puede usarse un sistema de coordenadas temporales para aplicaciones de este tipo. Un sistema de coordenadas temporales se basará en una escala de intervalos continua definida en términos de un único intervalo de tiempo.

Figura 9 – Sistema de coordenadas temporales

CharacterString = Cadena de caracteres

(lo demás no se traduce)

TM_CoordinateSystem (véase figura 9) tendrá dos atributos:

a) *origin:DateTime* dará el origen de la escala. El origen se especificará en el calendario gregoriano con hora del día en UTC. La fecha-hora (*DateTime*) puede reducirse hasta el nivel de resolución adecuado.

b) *interval: Cadena de caracteres* devolverá el nombre de una única unidad de medida como intervalo de base para la escala. Puede seleccionarse el intervalo de tiempo apropiado para la aplicación, pero debe ser una de esas unidades de medida de tiempo especificadas por ISO 31-1, o un múltiplo de una de esas unidades, como especifica ISO 1000.

TM_CoordinateSystem podrá efectuar dos operaciones:

a) *transformCoord (c_value:TM_Coordinate):DateTime* aceptará un valor de coordenada dentro de este sistema de coordenadas temporales, y devolverá la fecha-hora (*DateTime*) en el calendario gregoriano y en UTC.

b) *transformDateTime (dateTime: DateTime): TM_Coordinate* aceptará una fecha-hora (*DateTime*) en el calendario gregoriano y en UTC, y devolverá el *TM_Coordinate* equivalente.

5.3.4 Sistemas de referencia temporal ordinal

En una serie de aplicaciones de información geográfica –geología y arqueología por ejemplo–, la posición relativa en el tiempo se conoce de manera más precisa que la duración. Puede establecerse adecuadamente el orden de los acontecimientos en el tiempo, pero no puede determinarse con exactitud la magnitud de los intervalos entre ellos. En tales casos, resulta apropiado un sistema de referencia temporal ordinal.

Un sistema de referencia temporal ordinal se basa en una escala ordinal. En su forma más simple, un sistema de referencia temporal ordinal es una serie ordenada de eventos. Por lo general, una serie específica de eventos se asocia a una única localización. Las relaciones temporales entre diferentes localizaciones sólo pueden determinarse en la medida en que los eventos en una localización, puedan correlacionarse con otros en otras localizaciones en función de sus características no temporales. Puede utilizarse tal correlación para crear un sistema de referencia temporal con una base más amplia, definido en términos de períodos, dentro de los cuales han sucedido eventos similares. En esta Norma, el término era ordinal se utiliza para referirse a un período de ese tipo.

Un sistema de referencia temporal ordinal consta de un conjunto de eras ordinales (véase figura 10). Los sistemas de referencia ordinales están a menudo estructurados jerárquicamente, de tal manera que una era ordinal a un nivel dado de la jerarquía, incluye una secuencia de eras ordinales más cortas y contiguas.

Figura 10 – Sistema de referencia temporal ordinal

System = Sistema

Structure = Estructura

Component = Componente

Member = Miembro

Composition = Composición

Group = Grupo

CharacterString = Cadena de Caracteres

(lo demás no debe traducirse)

TM_OrdinalReferenceSystem tiene solamente los atributos heredados de *TM_ReferenceSystem*. La asociación Estructura señala la secuencia de *TM_OrdinalEras* que constituye el más alto nivel de la

jerarquía.

TM_OrdinalEra contiene tres atributos:

a) *name*: *Cadena de caracteres* debe ser una cadena que de manera inequívoca identifique la era ordinal dentro del TM_OrdinalReferenceSystem.

b) *begin*: *DateTime* puede proporcionar la posición temporal en la que comenzó la era ordinal, si éste es un dato conocido. La TM_TemporalPosition debe especificarse como fecha-hora en el calendario gregoriano con la hora del día en UTC. La fecha-hora puede reducirse hasta el nivel de resolución apropiado, como se especifica en ISO 8601.

c) *end*: *DateTime* puede dar la posición temporal en la que la era ordinal finalizó, si se conoce. La TM_TemporalPosition debe especificarse como fecha-hora en el calendario gregoriano, con la hora del día en UTC. La fecha-hora puede que se recorte hasta el nivel apropiado de resolución, como se especifica en ISO 8601.

TM_OrdinalEra puede sustentar el interfaz TM_Separation (véase apartado 5.2.3.6).

Una TM_OrdinalEra puede estar compuesta de una secuencia de TM_OrdinalEras más cortas, que se identifican por medio de la asociación Composición.

5.4 Posición temporal

5.4.1 Introducción

El método de identificación de una posición temporal es específico de cada tipo de sistema de referencia temporal. El sistema de referencia preferido para su uso en información geográfica, es la combinación del calendario gregoriano con el Tiempo Universal Coordinado (apartado 5.3.1). ISO/TS 19103 define tipos de datos para expresar fechas por medio de cadenas de caracteres en conformidad con ISO 8601. ISO 8601 especifica el uso del calendario gregoriano y UTC. Esta Norma Internacional define tipos de datos que se utilizarán para determinar posiciones temporales en otros sistemas de referencia temporal.

5.4.2. TM_Position

TM_Position es una clase de unión que consta de uno de los tipos de datos listados como sus atributos. Fecha, Hora y Fecha-Hora son tipos de datos básicos descritos en ISO/TS 19103. Se ajustan al sistema de ISO 8601 de transformación de fechas y horas en cadenas de caracteres. Estos tipos de datos pueden usarse para describir posiciones temporales referenciadas al calendario gregoriano y UTC. TM_TemporalPosition y sus subtipos se usarán para describir posiciones temporales referidas a otros sistemas de referencia temporal. Los tipos de datos descritos en el apartado 5.4.4 especifican valores numéricos para fechas y horas. Pueden utilizarse para posiciones temporales referidas a cualquier calendario o reloj, incluyendo el calendario gregoriano y UTC.

5.4.3 TM_TemporalPosition

TM_TemporalPosition tiene cuatro subclases (véase figura 11), una asociación con TM_ReferenceSystem y un atributo.

Atributo:

a) *indeterminatePosition*: *TM_IndeterminateValue* es un atributo opcional. Este atributo proporciona el único valor para TM_TemporalPosition, a no ser que se use un subtipo de TM_TemporalPosition como tipo de datos. Cuando este atributo se utiliza con un subtipo de TM_TemporalPosition, asigna un calificador al valor específico dado por el subtipo para la posición temporal.

Figura 11 – Tipos de datos para la posición temporal

Union = Unión

Frame = Marco

Data Type = Tipo de Datos

Julian Date = Fecha Juliana

Enumeration = Enumeración

Character String = Cadena de Caracteres

Position = Posición

Value = Valor

(lo demás no se traduce)

El tipo de datos enumerados TM_IndeterminateValue da 4 valores para posiciones indeterminadas.

a) "desconocido" (*unknown*) se usará con la clase de origen TM_TemporalPosition, para indicar que no se dispone de ningún valor específico para la posición temporal.

b) "ahora" (*now*) se utilizará con cualquier subtipo de *TM_TemporalPosition*, para indicar que el valor especificado va a ser sustituido por la posición temporal actual, siempre que se tenga acceso al valor.

c) "antes" (*before*) se usará con cualquier subtipo de *TM_TemporalPosition* para indicar que la posición temporal actual es desconocida, aunque se sabe que está antes del valor especificado.

d) "después" (*after*) se usará con cualquier subtipo de *TM_TemporalPosition* para indicar que la posición temporal actual es desconocida, aunque se conoce que está después del valor especificado.

Asociación:

a) La asociación Referencia une un *TM_TemporalPosition* a un *TM_ReferenceSystem*. Todo *TM_TemporalPosition* se asociará a un *TM_ReferenceSystem*. No es necesario hacer explícita esta asociación a nivel de instancias. Si no se especifica, se entiende que se trata de una asociación con el calendario gregoriano y UTC (véase apartado 5.3.1); también se puede identificar en la definición del tipo de atributo en un catálogo de entidades, o en los metadatos para una colección de datos.

5.4.4 Posición referenciada al calendario y al reloj

5.4.4.1 Fecha de calendario

TM_CalDate es un tipo de datos que se usará para identificar la posición temporal en un calendario. *TM_CalDate* tiene dos atributos:

a) *calendarEraName*: *Cadena de Caracteres* da el nombre de la era de calendario a la que se referencia la fecha.

b) *calDate*: *Sequence <Integer>* genera una secuencia de enteros positivos, el primero de los cuales identifica una instancia específica de la unidad utilizada en el más alto nivel de la jerarquía del calendario, el segundo entero identifica una instancia específica de la unidad usada en el nivel inmediatamente inferior, etc. El formato que se describe en ISO 8601 para fechas en el calendario gregoriano, puede utilizarse para cualquier fecha compuesta de valores para el año, el mes y el día.

EJEMPLO En el calendario gregoriano la secuencia 1999, 09, 03 identifica una posición temporal correspondiente al tercer día del noveno mes del año 1999. En el formato de ISO8601 esto se expresaría como 19990903.

5.4.4.2 Tiempo de reloj

TM_ClockTime es un tipo de datos que se usará para identificar una posición temporal dentro del día. Como *TM_TemporalPosition* no puede por sí solo identificar completamente una única posición temporal, se utilizará con *TM_CalDate* con esa intención. También puede usarse para identificar el tiempo en que sucede un evento que se repite todos los días. *TM_ClockTime* tiene un solo atributo:

a) *clkTime*: *Sequence <Number>* proporciona una secuencia de números positivos con una estructura similar a la de *calDate*. El primer número entero identifica una instancia específica de la unidad utilizada en el nivel más alto de la jerarquía del reloj, el segundo número identifica una instancia específica de la unidad usada en el nivel inmediatamente inferior, etc. Todos, a excepción del último número de la secuencia, serán números enteros; el último número puede ser entero o real.

EJEMPLO En el tiempo de 24 horas, que se utiliza actualmente, la secuencia 22, 15, 30,5 identifica la posición temporal 30,5 s después del comienzo del decimoquinto minuto de la vigésimo segunda hora. En el formato ISO 8601 esto se expresaría como 221530,5.

5.4.4.3 Fecha de calendario con hora de reloj

TM_DateAndTime es un subtipo de *TM_CalDate* y *TM_ClockTime*; hereda los atributos de ambos para proporcionar un tipo de datos único con el fin de identificar una posición temporal con una resolución inferior al día.

5.4.5 Posición referenciada a un sistema de coordenadas temporales

5.4.5.1 TM_Coordinate

TM_Coordinate es un tipo de datos que se utilizará para identificar una posición temporal dentro de un sistema de coordenadas temporales. *TM_Coordinate* tiene un único atributo:

a) *CoordinateValue*: *Number* almacena la distancia desde el origen de la escala, expresada como un múltiplo del intervalo estándar asociado al sistema de coordenadas temporales.

5.4.5.2 Fecha juliana

El sistema de numeración de los días julianos es un sistema de coordenadas temporales, que tiene su origen el mediodía del 1 de enero de 4713 BC en el calendario proléptico juliano. El número del día juliano es un valor entero; la fecha juliana es un valor decimal que permite una mayor resolución.

5.4.6 Posición referida a un sistema de referencia temporal ordinal

Dentro de un sistema de referencia temporal ordinal, la posición temporal de un instante está dentro de la era ordinal más corta (en el nivel más inferior) en la que ocurre. *TM_OrdinalPosition* es un tipo de datos que debe utilizarse para identificar una posición temporal dentro de un sistema de referencia temporal ordinal. *TM_OrdinalPosition* tiene un atributo:

a) *ordinalPosition: Reference <TM_OrdinalEra>* da una referencia a la era ordinal en la que ocurre el instante.

EJEMPLO La Tabla 1 muestra parte de la escala geológica del tiempo, que es un sistema de referencia temporal ordinal. La posición temporal de un instante en la Era Cenozoica se identificaría por el nombre de la Época en la que sucede, mientras que la posición temporal de un instante en la Era Mesozoica, se identificaría por el Período en el que ocurre.

Tabla 1 – Parte de la escala geológica del tiempo

Eras = Eras

Periods = Períodos

Epochs = Épocas

Cenozoic = Cenozoico

Quaternary = Cuaternario

Holocene = Holoceno

Pleistocene = Pleistoceno

Tertiary = Terciario

Pliocene = Plioceno

Miocene = Mioceno

Oligocene = Oligoceno

Eocene = Eoceno

Paleocene = Paleoceno

Mesozoic = Mesozoico

Cretaceous = Cretáceo

Jurassic = Jurásico

Triassic = Triásico

5.5 Tiempo y componentes de la información geográfica

5.5.1 Aspectos temporales de los componentes de la información geográfica

El Modelo de Entidades Generales descrito en ISO 19109, suministra un metamodelo para la información geográfica. Identifica metaclases para atributos, operaciones y asociaciones de entidades, como se muestra en la figura 12. Cada uno de estos componentes puede tener un aspecto temporal. ISO 19109 da reglas para instanciar estas metaclases en un esquema de aplicación. Los apartados 5.5.2 a 5.5.4 identifican subtipos temporales de algunas de las metaclases en el Modelo de Entidades Generales. También ofrecen extensiones a las reglas, para utilizarlas en el caso de que estos componentes contengan información temporal. El Anexo B da ejemplos de cómo utilizar estas clases y reglas en un esquema de aplicación.

ISO 19110 especifica las reglas para la compilación de catálogos de entidades, incluyendo definiciones de sus tipos, atributos, operaciones y asociaciones. Los apartados 5.5.2 a 5.5.4 especifican los requisitos para definir estos componentes, cuando tienen propiedades temporales.

ISO19115 especifica un conjunto estándar de elementos de metadatos para su uso con la información geográfica, y establece un mecanismo para definir elementos de metadatos adicionales, apropiados a aplicaciones o perfiles específicos. El apartado 5.5.5 identifica los requisitos para la definición de elementos de metadatos que tienen un aspecto temporal.

Figura 12 – Metaclases del modelo de entidades generales

MemberOf = Miembro de

Metaclass = Metaclase

LinkBetween = Vínculo entre

CarrierOfCharacteristics = Portador de Características

(lo demás no se traduce)

5.5.2 Atributos de entidades temporales

Un atributo de **entidad** temporal describe una propiedad de la entidad, asociada a una posición temporal. De acuerdo con las reglas para los esquemas de aplicación definidos en ISO 19109, un *GF_TemporalAttributeType* normalmente se instanciará en un esquema de aplicación como un atributo

de una clase, la que a su vez es una instancia (un ejemplar) de la metaclass GF_FeatureType. Bajo las condiciones especificadas en ISO 19109, puede instanciarse como una clase UML, que está asociada a la clase del tipo de entidad, de la que es un atributo.

Hay dos clases de propiedades temporales estáticas: eventos y estados (véase figura 13).

a) Un evento es una acción que ocurre en un instante. En efecto, casi todos los eventos ocupan un reducido intervalo de tiempo, pero cuando ese intervalo es corto con respecto a la resolución de la escala de medida, se le califica como instante. El GF_AttributeType.valueType de un evento será un TM_Instant, un TM_Node o una TM_TemporalPosition.

b) Un estado es una condición, una propiedad de una entidad o de una colección de datos, que persiste durante un período. Esa propiedad puede estar representada por un atributo de entidad o por un elemento de metadatos. Un GF_TemporalAttributeType que describe un estado puede instanciarse de dos maneras. En el caso más simple, el GF_AttributeType se instanciará como atributo de una clase que representa un tipo de entidad. Su GF_AttributeType.valueType será un TM_Period o un TM_Edge. Cuando se necesite más información, un GF_TemporalAttributeType que represente un estado se instanciará como una clase UML. Esa clase será un subtipo de TM_Period, que hereda las asociaciones Comienzo y Fin, o un subtipo de TM_Edge, que hereda las asociaciones Inicio y Terminación. Las características del estado se describirán por medio de uno o más atributos de la clase. Su repetición se indicará por el valor de multiplicidad del atributo fin, correspondiente a su asociación con la clase del tipo de entidad. Frecuentemente, un cambio en el estado se asocia con un evento que inicia o termina el estado. Ese evento se identificará por un atributo de la clase que represente el estado.

Un evento puede repetirse en múltiples instantes; un estado también puede repetirse muchas veces. FeatureAttributeType.cardinality especificará el número de repeticiones que permite el esquema de aplicación.

Figura 13 – Tipos de atributos de entidades temporales
(sólo se traduce Metaclass = Metaclass)

Los eventos o estados a menudo se repiten con regularidad. La duración del intervalo entre dos ocurrencias sucesivas de un evento o estado, es su tiempo periódico. Cuando un atributo de una entidad temporal describe un fenómeno recurrente, se instanciará en un esquema de aplicación como una clase UML, que se asocia a una clase de tipo de entidad. Esta clase tendrá al menos dos atributos: uno que identifica un instante específico en el que ocurre el evento, o un período durante el cual es aplicable el valor temático del atributo, y otro que identifica el tiempo periódico entre ocurrencias del evento o estado. El tipo de datos TM_Duration (véase apartado 5.2.3.7) se utilizará para expresar el valor del tiempo periódico.

ISO 19110 especifica los elementos que deben incluirse en la descripción de un atributo de entidad dentro de un catálogo de entidades. Cuando un GF_TemporalAttributeType es un evento, la Definición de Atributo de Entidad identificará la acción y la resolución con que se especifica su posición temporal. Cuando un GF_TemporalAttributeType es un estado, la Definición de Atributo de Entidad del atributo identificará las características del estado. En el caso de un atributo de entidad temporal, el Tipo correspondiente al Dominio de Valores del Atributo de una Entidad será "no enumerado". El Dominio de Valores del Atributo de una Entidad, el Tipo de Datos del Atributo de una Entidad, y la Unidad de Medida de los Valores del Atributo de una Entidad, están determinados por el sistema de referencia temporal que es la base para describir la posición temporal del instante o período. Si el sistema de referencia temporal no es una combinación del calendario gregoriano y UTC, la descripción del Dominio de Valores del Atributo de una Entidad, identificará el sistema de referencia temporal que se use. Tanto el Tipo de Datos de los Valores del Atributo de una Entidad, como la Unidad de Medida de los Valores del Atributo de una Entidad, deben ser consistentes con el sistema de referencia temporal.

5.5.3 Operaciones de entidades temporales

Las operaciones de entidades temporales son dinámicas, describen la manera en que los valores de una o más propiedades de una entidad, cambian en función del tiempo. Una operación de entidad temporal se instanciará en un esquema de aplicación, como operación de una clase de tipo de entidad, para la que se introduce el tiempo como parámetro de entrada en GF_Operation.signature.

EJEMPLO Dada la clase del tipo de entidad *Intersección de carreteras (RoadIntersection)*, el flujo de tráfico por el cruce o intersección podría describirse por una operación UML como:

TrafficFlow (tMin: Integer, time:TM_ClockTime): Integer

ISO 19110 especifica los requisitos para definir operaciones de entidades. En el caso de una operación de entidades temporales, la Descripción Textual de Operación de Entidad, describirá cómo cambia el valor resultante de la operación en función del tiempo, y cómo le afectan las características temporales. También identificará el sistema de referencia temporal con el que se mide el tiempo. La Definición Formal de Operación de Entidad, incluirá el tiempo como una de las variables independientes.

5.5.4 Tiempo y asociaciones de entidades

5.5.4.1 Aspectos temporales de las asociaciones de entidades

Las asociaciones de entidades pueden implicar al tiempo de dos maneras. Algunas asociaciones existen debido a las propiedades temporales de las instancias de entidades relacionadas. Sin embargo, otras asociaciones de entidades, cuya existencia se debe a motivos diferentes, tienen sus propias características temporales como asociaciones.

EJEMPLO La asociación entre dos entidades que existen al mismo tiempo, ilustra el primer caso. Tal asociación temporal, no tiene otras propiedades y no depende de los tipos de entidad involucrados. Un ejemplo del segundo caso, es la asociación entre dos parcelas de terreno cuyo propietario es el mismo en un cierto período de tiempo. En este caso, el elemento dominante de la asociación es la propiedad común del terreno; el elemento temporal es una característica subordinada de la asociación.

Las asociaciones de entidades temporales son las del primer tipo, las que existen debido a las propiedades temporales de las instancias de entidades relacionadas.

5.5.4.2 Asociaciones de entidades temporales

5.5.4.2.1 Introducción

Una asociación de entidades temporales es una descripción explícita de una asociación entre los períodos [duraciones] de vida de las entidades relacionadas por la asociación. Es posible derivar una asociación de entidades temporales utilizando la operación `TM_Order.relativePosition`, para comparar las duraciones de vida de dos entidades, asumiendo que cada entidad tiene un atributo que identifica su duración de vida. Si las asociaciones de entidades temporales son importantes para una aplicación, el esquema de aplicación deberá asignar un atributo de duración de vida a cada tipo de entidad que especifique. El atributo `lifeSpan:TM_Period` puede utilizarse cuando se describen las posiciones temporales ya sea en términos de un calendario y reloj, o bien de un sistema de referencia de coordenadas temporales. Cuando se describen las posiciones temporales en términos de un sistema de referencia temporal ordinal, deberá usarse el atributo `lifeSpan:TM_Edge` y el esquema de aplicación deberá instanciar el `TM_TopologicalComplex` como grafo no lineal que incluye todos los `TM_Edges` que representan duraciones de vida. Pueden especificarse asociaciones de entidades temporales explícitas para aplicaciones que no dan soporte al interfaz `TM_Order`.

Esta Norma Internacional especifica dos subtipos de asociaciones de entidades temporales: asociaciones de entidades temporales simples y sucesión (véase figura 14).

5.5.4.2.2 Asociaciones simples de entidades temporales

Una asociación simple de entidades temporales, identifica única y exclusivamente la posición relativa en el tiempo de dos o más entidades. En principio, este tipo de asociación puede darse entre todas las instancias de entidad, aunque no pueda afirmarse para algún tipo de entidad en particular.

Según las reglas para los esquemas de aplicación definidas en ISO 19109, las asociaciones de entidades normalmente deben instanciarse en asociaciones entre clases UML, que representen tipos de entidades. Sin embargo, las asociaciones de entidades temporales en sentido estricto, suelen ser independientes del tipo de entidad. Puede ser apropiado instanciar las asociaciones de entidades temporales como asociaciones entre clases de tipos de entidad, en el caso de que una aplicación sólo trate asociaciones de entidades temporales entre ciertos tipos de entidades. Esto sería ineficaz para un esquema de aplicación, que necesita información sobre algún tipo de asociación temporal entre instancias de todos los tipos de entidades. Para un esquema de aplicación sería mejor, facilitar la derivación de estas asociaciones, como se describe en el apartado 5.5.4.2.1. Una alternativa sería la de instanciar una clase de entidad que sea un supertipo, para todas las clases de tipos de entidades en el esquema, e instanciar la asociación de entidades como una asociación de autorreferencia a ese nivel.

Figura 14 – Clasificación de las asociaciones de entidades temporales (sólo se traduce `Metaclass = Metaclass`)

5.5.4.2.3 Sucesión de Entidades

La sucesión de entidades es la sustitución de un conjunto de instancias de entidades por otro. Un conjunto puede incluir una o más entidades individuales. La sustitución implica que las duraciones de vida de las instancias de entidades del primer conjunto, finalizan en el instante en que comienzan las duraciones de vida de las instancias de entidades del segundo conjunto. En la sucesión de entidades existen aspectos espaciales y temporales, puesto que las instancias de entidades en la asociación, ocupan la misma localización espacial, en tiempos diferentes y en un determinado orden.

La sucesión de entidades no siempre depende del tipo. Es decir, el tipo de entidad de una instancia no siempre permite predecir el tipo de entidad de la instancia que lo sustituye. La sucesión de entidades puede modelarse a nivel de entidades genéricas, pero no siempre a nivel del tipo de entidad.

Existen tres tipos de sucesión de entidades: sustitución, división y fusión. La sustitución de entidades es el reemplazo de una instancia de entidad por otra del mismo o diferente tipo. Establece una asociación "uno a uno" entre dos instancias de entidades. La división de entidades ocurre cuando una única instancia de entidad, se divide en dos o más instancias de entidades del mismo tipo. Establece una asociación "uno a muchos" entre instancias de entidades. La fusión de entidades ocurre cuando dos o más instancias del mismo tipo de entidad, se unen para formar una única instancia de entidad. Establece una asociación "muchos a uno" entre instancias de entidades. Un único evento puede dar lugar a una forma de sucesión que sea una combinación de estos tipos. Son posibles cuatro de estas combinaciones:

- división y sustitución;
- fusión y división;
- fusión, sustitución y división;
- sustitución y fusión.

EJEMPLO La limpieza de parte de un bosque y su sustitución por un aparcamiento, es un ejemplo de "división y sustitución". La limpieza de un bosque adyacente a un terreno de pastos y la combinación de ambos, es un ejemplo de "sustitución y fusión".

OBSERVACIÓN Un cambio en las propiedades de una entidad en particular, no constituye, por sí mismo, una sucesión de entidades. Por ejemplo, consideremos un tipo de entidad Edificio que tiene un atributo Número de Ocupantes. El valor de este atributo podría actualizarse regularmente, pero ello no se consideraría un reemplazo de una instancia de Edificio por otra. El grado de cambio que es necesario considerar antes de que una instancia de un tipo de entidad reemplace a una instancia anterior del mismo tipo de entidad, depende de la aplicación. Como regla general, se puede considerar que hay reemplazo cuando cambia el identificador de la entidad.

Las asociaciones de sucesión pueden derivarse usando la operación `TM_Order.relativePosition`, junto con una o más de las operaciones espaciales descritas en ISO 19107.

Las asociaciones de entidades temporales del tipo sucesión de entidades, también pueden instanciarse en un esquema de aplicación como asociaciones UML entre clases de tipos de entidad, o como asociaciones de autorreferencia de una clase de entidad genérica. Los nombres, roles y multiplicidades, serán diferentes para cada tipo de sucesión. Los nombres de rol indicarán el orden en el que una entidad sucedió a otra. Para incluir el tiempo en que ocurrió la sucesión, un esquema de aplicación representará la asociación de sucesión como una clase de asociación UML, con un atributo que identifique el tiempo de ocurrencia.

5.5.4.3 Características temporales de las asociaciones de entidades

Habitualmente las características temporales de las asociaciones de entidades proporcionan información sobre el instante en el que una asociación comenzó o finalizó, o sobre el período durante el cual tuvo lugar. Estas características, al igual que los atributos de entidades temporales o los elementos de metadatos temporales, describen eventos o estados. Las asociaciones de entidades que tienen características temporales se instanciarán como clases de asociación UML. La característica temporal se representará como un atributo que instancie la metaclassa `TM_Event` o `TM_State` (apartado 5.5.2).

5.5.5 Elementos de metadatos temporales

ISO 19115 define un conjunto de elementos de metadatos estándar para la información geográfica. También especifica una metodología para definir elementos de metadatos adicionales, dentro de un esquema de aplicación (véase figura 15). Los elementos de metadatos temporales son similares a los atributos de entidades temporales. Ambos describen una característica estática –un evento o un estado– asociada a una posición temporal. Difieren en que los atributos de entidad describen características de un objeto del mundo real, tal y como se abstraen en la instancia de entidad, mientras que los elementos de metadatos describen características de los datos. El alcance de los datos descritos por un elemento de metadatos, puede abarcar desde una colección de conjuntos de datos hasta una sola propiedad de una entidad.

Figura 15 – Elemento extendido de metadatos

`CharacterString` = Cadena de Caracteres

(lo demás no se traduce)

Cuando un elemento de metadatos temporales describe un evento, el nombre y la definición identificará la acción y la resolución con la que se especifica su posición temporal. El valor del elemento de metadatos será una instancia de `TM_Instant`, de `TM_TemporalPosition` o de uno de los subtipos de `TM_TemporalPosition`.

Cuando un elemento de metadatos temporales describe un estado, el nombre y la definición describirán

las características del estado. El valor del elemento de metadatos será un TM_Period.

Si el elemento de metadatos no está referido a una combinación del calendario gregoriano y UTC, la definición debe identificar el sistema de referencia temporal utilizado.

Anexo A (normativo)

Conjunto de pruebas teóricas

A.1 Esquemas de aplicación para la transferencia de datos

a) Objetivo de la Prueba: Verificar que un esquema de aplicación para transferencia de datos, defina los atributos temporales y las asociaciones temporales de las entidades y elementos de metadatos temporales, de acuerdo con los requisitos especificados.

b) Método de Prueba (Test): Examinar la presentación de los atributos temporales y de las asociaciones temporales de las entidades, incluidas en el esquema de aplicación, para asegurarse de que las definiciones satisfacen los requisitos en el uso de objetos temporales para representar atributos temporales o sus valores. Asegurarse de que cualquiera de los elementos de metadatos temporales, definidos en el esquema de aplicación, satisfacen los requisitos. Asegurarse de que se implementan todos los atributos requeridos y las asociaciones de objetos temporales, y que los atributos o asociaciones opcionales se implementan conforme a los requisitos.

c) Referencia: 5.2, 5.4, 5.5.2, 5.5.4.2 y 5.5.5.

d) Tipo de Prueba: Básica

A.2 Esquemas de aplicación para datos con operaciones

a) Objetivo de la Prueba: Verificar que un esquema de aplicación que facilita operaciones sobre datos, satisface los requisitos de A.1, que define las operaciones de entidades temporales, y que implementa operaciones de objetos temporales de acuerdo con los requisitos especificados.

b) Método de Prueba: Examinar la presentación de las operaciones de entidades temporales incluidas en el esquema de aplicación, para asegurarse de que satisfacen los requisitos. Examinar la presentación de los atributos temporales de las entidades incluidas en el esquema de aplicación, para asegurarse de que cualquiera de las operaciones de objetos temporales, usadas para representar atributos temporales o sus valores, se llevan a cabo conforme a los requisitos.

c) Referencia: A.1, 5.2, 5.5.3 y 5.5.

d) Tipo de Prueba: Básico.

A.3 Catálogos de entidades

a) Objetivo de la Prueba: Verificar que el catálogo de entidades define las características temporales de acuerdo con los requisitos especificados.

b) Método de Prueba: Examinar el catálogo. Comprobar que las definiciones para los atributos de entidades temporales, las operaciones de entidades temporales o las asociaciones de entidades temporales, están en conformidad con los requisitos. Asegurarse de que se satisfacen los requisitos para identificar y describir los sistemas de referencia temporal.

c) Referencia: 5.3, 5.5.2, 5.5.3 y 5.5.4.2.

d) Tipo de Prueba: Básico.

A.4 Especificaciones para el elemento de metadatos

a) Objetivo de la Prueba: Verificar que se definen los elementos de metadatos temporales conforme a los requisitos especificados.

b) Método de Prueba: Examinar las definiciones del elemento de metadatos en la especificación de metadatos, para asegurarse de que satisfacen los requisitos apropiados para eventos o estados.

c) Referencia: 5.5.5.

d) Tipo de Prueba: Básico.

A.5 Metadatos para colecciones de datos

a) Objetivo de la Prueba: Verificar que los metadatos para una colección de datos, proporcionan la información requerida sobre sistemas de referencia temporal.

b) Método de Prueba: Examinar el conjunto de metadatos. Si los metadatos no indican, que todas las posiciones temporales incluidas en los datos que describen, están referidas [referenciados] al calendario gregoriano y UTC, comprobar que proporcionan una descripción o una mención a una descripción, de cada uno de los sistemas de referencia temporal utilizados con los datos. Valorar cada descripción para verificar que incluye todos los elementos exigidos.

c) Referencia: 5.3.

d) Tipo de Prueba: Básico.

Anexo B (informativo)

Uso del tiempo en los esquemas de aplicación

B.1 Atributos de entidades temporales

B.1.1 TM_GeometricPrimitive como tipo de datos

La figura B.1 ilustra el uso de TM_GeometricPrimitive en un esquema de aplicación. El tipo de entidad Edificio (*Building*) está representado por una clase UML. Tiene un atributo llamado Fecha de Construcción (*dateOfConstruction*), que toma un valor del tipo de datos TM_Instant, y un segundo atributo, llamado Período de Ocupación (*periodOfOccupancy*), que toma un valor del tipo de datos TM_Period. En este esquema, los TM_GeometricPrimitives no implementan las operaciones definidas en las interfaces TM_Order y TM_Separation. Puesto que TM_Instant sólo tiene un atributo -TM_Instant.position: TM_TemporalPosition- que toma un valor del tipo de datos TM_TemporalPosition, o bien este tipo de datos o uno de sus subtipos, por ejemplo: *DateTime*, podría utilizarse como tipo de datos para *Building.dateOfConstruction*.

Figura B.1 - TM_GeometricPrimitives como tipos de datos (No se traduce. Explicación explícita en texto que precede)

B.1.2 TM_GeometricPrimitive como atributo temporal

La figura B.2 ilustra una manera alternativa de utilizar un TM_GeometricPrimitive para un atributo de entidad temporal. En este caso, el atributo de entidad *periodOfOccupancy* se representa como una clase UML, que está vinculada a *Building* por una asociación UML. *PeriodOfOccupancy* es un subtipo de TM_Period. Hereda las asociaciones Comienzo y Fin del TM_Period, pero restringe el tipo de datos en cada caso a *DateTime*. [A nivel de TM_Period, el tipo de datos para estos atributos es TM_TemporalPosition.] También hereda las interfaces TM_Order, de la que utiliza la operación *relativePosition* (other: TM_Primitive): TM_RelativePosition, y TM_Separation, de la que usa las operaciones *Length*(): TM_Duration y *distance* (other: TM_GeometricPrimitive): TM_Duration.

Figura B.2 - TM_GeometricPrimitives como atributos de entidades temporales

Building = Edificio

Location = Localización

PeriodOfOccupancy = Período de Ocupación

(lo demás no se traduce)

B.1.3. TM_TopologicalComplex como atributo

La figura B.3 ilustra el uso de un TM_TopologicalComplex como un atributo de entidad temporal. Frecuentemente la historia de un lugar arqueológico se describe como [en términos de] una serie de períodos, durante los cuales el lugar estuvo ocupado o no, por miembros de algún grupo cultural. Se conoce el orden de estos períodos, pero no la posición temporal. Esta historia [situación] puede describirse como un TM_TopologicalComplex. El tipo de entidad Lugar Arqueológico (*ArchaeologicalSite*), representado como una clase UML, se asocia con otra clase UML que representa el atributo de entidad Historia del Lugar (*SiteHistory*). Historia del lugar es un subtipo de TM_TopologicalComplex. Es un agregado [conjunto] de Intervalos de Ocupación (*OccupancyIntervals*), donde cada Intervalo de Ocupación es un subtipo de TM_Edge.

Figura B.3 - TM_TopologicalComplex como atributo de entidades temporales

SiteHistory = Historia del Lugar

ArchaeologicalSite = Lugar Arqueológico

History = Historia

Interval = Intervalo

CharacterString = Cadena de Caracteres

(lo demás no se traduce)

B.1.4 Valores de atributos repetitivos

La figura B.4 muestra un ejemplo de atributo de entidad con un valor que se repite cíclicamente. El tipo de entidad Campo (*Field*) tiene un atributo, Rotación de Cultivos (*CropRotation*), que se representa como una clase UML con una multiplicidad de 0 a n. Hay una instancia de este tipo de atributo por cada tipo de cultivo que se planta en el campo. La Rotación de Cultivos tiene tres atributos:

- *cropType* identifica un tipo de cultivo;
- *firstPlanting* identifica la fecha en la cual se plantó por vez primera ese cultivo en el campo;
- *rotationInterval* identifica el tiempo periódico entre plantaciones de ese cultivo.

Figura B.4 – Valores de atributo cíclicos

Field = Campo
planting = plantación
CropRotation = Rotación de cultivos
CharacterString = Cadena de Caracteres
(lo demás no se traduce)

B.2 Asociaciones de entidades temporales

B.2.1 Asociaciones temporales simples

La figura 5 es un ejemplo de una asociación de entidades simples, implementada como una asociación UML. El esquema indica que las carreteras existen antes que las gasolineras.

Figura B.5 – Representación explícita de una asociación temporal simple

Road = Carretera
Before = Antes
After = Después
ServiceStation = Gasolinera

El simple esquema para edificios de la figura B.6, ofrece un ejemplo de los datos que se requieren para derivar asociaciones de entidades simples, usando la operación `TM_Order.relativePosition`.

Figura B.6 – Esquema para edificios

Building = Edificio.
(lo demás no se traduce)

Supongamos que una colección de datos dentro de este esquema, incluyera cuatro ejemplos de Edificio con los valores de atributo que se muestran en la Tabla B.1

Tabla B.1 – Colección de datos para un esquema de edificios

Building = Edificio
ConstructionMaterial = Material de construcción
Brick = Ladrillo
Steel = Acero
Wood = Madera
Height = Altura
DateOfConstruction: TM_Instant.position no se traduce

`TM_Instant` puede utilizar la operación `relativePosition(other:TM_Primitive): TM_RelativePosition` de la interfaz `TM_Order`. Si se lleva a cabo esa operación con cada instancia de `Building.dateOfConstruction:TM_Instant` como [fuente] origen, y con cada una de las otras instancias como objetivo (es decir, como valores para el parámetro de entrada *other*), se obtendrán los valores indicados en la Tabla B.2

Tabla B.2 – Asociaciones temporales simples entre instancias de Edificio

Source Instance = Instancia Fuente
Target Instance = Instancia Objetivo
Equal = Igual
Before = Antes
After = Después

B.2.2 Sucesión de entidades

La figura B.7 es un ejemplo de sucesión de entidades, modelada como una asociación entre clases de tipos de entidades. Es un ejemplo de un tipo de sucesión ecológica, conocida como sucesión de campos antiguos, muy común en el Este de Estados Unidos. Los tipos se dan en un único lugar en la secuencia que se muestra, si ese lugar se deja como estaba. Esto ilustra el problema asociado al modelado de la sucesión de entidades a nivel de tipo de entidades. En cualquier momento, un incendio, una tormenta o

la intervención humana puede interrumpir esta sucesión y retrotraerla a un estadio anterior, o reemplazar los tipos de entidades existentes por un tipo inesperado.

Figura B.7 Sucesión de entidades entre tipos de entidades

Pasture = Terreno de pastos

BrushLand = Maleza

Oak_Hickory Forest = Bosque de Robles y Nogales

Pine Forest = Bosque de Pinos

Feature Substitution = Sustitución de Entidades

Successor = Sucesor

Predecessor = Predecesor

La figura B.8 es un ejemplo de sucesión de entidades, modelada como asociación de autorreferencia de una clase UML, que es un supertipo para los diversos tipos de entidad que pueden estar implicados en asociaciones de sucesión. Es necesario un modelo de estas características [de este tipo] porque no hay forma de predecir el orden en el que las instancias de estos tipos de entidad podrían sucederse unas a otras. En este ejemplo, cada una de las asociaciones se ha representado como una clase de asociación, de manera que el tiempo en que se produce la sucesión puede describirse por un atributo de la asociación.

Figura B.8 – Sucesión de entidades a nivel de entidades genéricas

FeatureDivision = División de entidades

FeatureSubstitution = Sustitución de entidades

FeatureFusion = Fusión de entidades

Feature = Entidad

Playground = Parque Infantil

ParkingLot = Aparcamiento

Building = Edificio

VacantLot = Solar

Parent = Padre

Child = Hijo

Predecessor = Predecesor

Successor = Sucesor

Antecedent = Antecedente

Succedent = Subsiguiente

B.3 Asociaciones de entidades con características temporales

La figura B.9 es un esquema de aplicación para la asociación entre la sede de una hacienda y el terreno arrendado que gestiona. Un Área de Terreno (*RangelandTract*) se asocia a la Sede de la Hacienda (*RanchHeadquarters*) por medio de un Arrendamiento (*Lease*). Un arrendamiento es un ejemplo de asociación de entidades, que en principio no se consideraría una asociación temporal, porque el tiempo no es el aspecto dominante de la asociación. Sin embargo, un arrendamiento sólo está vigente durante un cierto período de tiempo. El Arrendamiento se representa en esta modalidad como una clase de asociación UML, lo cual permite que se asignen atributos a una asociación. En este caso, tiene un atributo, *leasePeriod*, que identifica el período durante el cual el arrendamiento está vigente. También podría tener otros atributos, como por ejemplo el que identificara el coste del arrendamiento.

Figura B.9 – Arrendamiento de un terreno

RanchHeadquarters = Sede de la Hacienda

RangelandTract = Área de Terreno

Lease = Arrendamiento

Manager = Gerente

Pasture = Terreno de Pastos

(lo demás no se traduce)

Anexo C

(normativo)

Descripción de los sistemas de referencia temporal en los metadatos

C.1 Metadatos para los sistemas de referencia temporal

El apartado 5.3.1 requiere que los metadatos asociados a una colección de datos, que usa sistemas de referencia temporal diferentes al calendario gregoriano y UTC, deben citar los documentos que describen esos sistemas de referencia temporal, o incluir una descripción de esos sistemas de referencia temporal en los metadatos. Con este propósito, se utilizarán los elementos de metadatos definidos en la Tabla C.1. La estructura de esta tabla se ajusta a ISO 19115:-Anexo B.

Tabla C.1 – Elementos de metadatos para la descripción de sistemas de referencia temporal

(de izquierda a derecha por filas)

Nombre—Definición—Obligación/Condición—Máxima Ocurrencia—Elemento del modelo o tipo

de dato—Dominio

1—TM_ReferenceSystem—Información sobre un sistema de referencia—¿Información temporal en el conjunto de datos no referida al calendario gregoriano?—N—clase—Líneas 2-23

2—nombre—Nombre con el que se conoce el sistema de referencia temporal—M—1—RS_Identifier—ISO 19111

3—DomainOfValidity—Límites de espacio y tiempo dentro de los cuales se usa el sistema de referencia temporal—¿Extensión del sistema de referencia temporal inferior a la extensión del conjunto de datos con los que se usa?—N—EX_Extent—ISO/TS 19103

4—Subtipo—Subtipo de sistema de referencia temporal que se describe—M—1—Especialización—"TM_Calendar" "TM_Clock" "TM_CoordinateSystem" "TM_OrdinalReferenceSystem"

5—TM_Calendar—Descripción de un calendario—¿Subtipo "TM_Calendar"?—1—Clase—Líneas 6-15

6—dateTrans—Descripción de una operación para convertir una fecha en el calendario especificado a una fecha juliana—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

7—julTrans—Descripción de una operación para convertir una fecha juliana a una fecha en el calendario especificado—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

8—Base—Eras de calendario asociadas al calendario que se describe—M—N—Asociación—TM_CalendarEra

9—Resolución—Reloj que se usa con este calendario para definir la posición temporal dentro de un día de calendario—O—1—Asociación—TM_Clock

10—TM_CalendarEra—Características de cada era de calendario—M—N—Clase—Líneas 11-15

11—nombre—Nombre con el que se conoce esta era de calendario—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

12—Evento de referencia—Evento usado como punto origen para esta era de calendario—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

13—Fecha de referencia—Fecha del evento de referencia en el calendario que se describe—M—1—TM_CalDate—Fecha en la que se describe el calendario

14—Referencia juliana—Fecha juliana del evento de referencia—M—1—Fecha juliana—Número

15—Época de uso—Período para el que se usaba la era como base para fechar—M—1—TM_Period—ISO 8601

16—TM_Clock—Descripción del reloj—¿Subtipo "TM_Clock o Resolución no nulos"?—1—Clase—Líneas 17-21

17—Evento de referencia — Evento usado como punto de origen para este reloj—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

18—Tiempo de referencia—Tiempo del evento de referencia para este reloj—M—1—TM_ClockTime—Hora en el reloj que se describe

19—Referencia UTC—Tiempo UTC del evento de referencia—M—1—TM_ClockTime—ISO 8601

20—utcTrans—Descripción de una operación para convertir un tiempo en este reloj a un tiempo UTC—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

21—clkTrans—Descripción de una operación para convertir un tiempo UTC a un tiempo en este reloj—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

22—TM_CoordinateSystem—Descripción de un sistema de coordenadas temporales—¿Subtipo "TM_CoordinateSystem"?—1—Clase—Líneas 23-26

23—origen—Posición del origen de la escala en que se basa el sistema de coordenadas temporales, expresado como una fecha en el calendario gregoriano y hora del día en UTC—M—1—Fecha Hora—ISO 8601

24—intervalo—Unidad estándar de tiempo usada para medir la duración en el eje del sistema de coordenadas—M—1—Cadena de caracteres—ISO 31-1, ISO 1000

25—transformCoord—Descripción de una operación para convertir una coordenada en este sistema de coordenadas temporales a una fecha en el calendario gregoriano y a un tiempo UTC—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

26—transformDateTime—Descripción de una operación para convertir una fecha del calendario gregoriano y un tiempo UTC, en una coordenada de este sistema de coordenadas temporales—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

27—TM_OrdinalReferenceSystem—Descripción de un sistema de referencia temporal ordinal—¿Subtipo "TM_OrdinalReferenceSystem"?—1—Clase—Líneas 28-33

28—Estructura—Eras ordinales que constituyen el nivel más alto de este sistema de referencia ordinal—M—1—Asociación—TM_OrdinalEra

29—TM_OrdinalEra—Descripción de una era ordinal—M—N—Clase—Líneas 30-33

30—nombre—Nombre que identifica una era ordinal específica—M—1—Cadena de caracteres—Texto libre

31—comienzo—Fecha en la que comenzó la era ordinal—O—1—Fecha Hora—ISO 8601

32—fin—Fecha en la que finalizó la era ordinal—O—1—Fecha Hora—ISO 8601

33—Composición—Eras ordinales que subdividen a esta era ordinal—M—1—Asociación—TM_OrdinalEra

OBSERVACIÓN El elemento de metadatos correspondiente a una operación UML es una descripción textual de la operación.

Anexo D (informativo)

Descripción de calendarios

D.1 Estructura interna de los calendarios

Un calendario es un sistema de referencia temporal discreto, que permite la definición de la posición temporal con una resolución de un día. El calendario gregoriano es de hecho la norma internacional. Se prefiere para uso en información geográfica. Sin embargo, existe una serie de calendarios tradicionales o históricos, además del calendario gregoriano, que pueden ser apropiados para algunas aplicaciones de información geográfica. Por ejemplo, se podrían fechar con mayor exactitud los materiales arqueológicos en el calendario de la cultura correspondiente. El apartado 5.3.1 requiere que los metadatos para cualquier colección de datos que use un calendario que no sea el gregoriano, incluyan una descripción de ese calendario o una mención de la misma. Este anexo describe algunos aspectos de los calendarios que pueden tener que considerarse en una descripción de ese tipo.

Un calendario tiene una estructura jerárquica (véase figura D.1), en la que se utiliza un tipo específico de intervalo de tiempo en cada nivel. Típicamente las instancias de intervalos en un nivel de la jerarquía, se denominan o se numeran en base a un ciclo, cuya duración es igual a la del intervalo usado en el nivel inmediatamente superior. Aunque la mayoría de los calendarios incluyen años y días como intervalos estándar, algunos utilizan en niveles intermedios intervalos diferentes a los meses. Algunos calendarios también introducen niveles adicionales dentro de la jerarquía, o incluso una jerarquía paralela usando otros intervalos. Una fecha de calendario identifica una instancia de un intervalo en cada nivel de la jerarquía.

EJEMPLO Se identifica una fecha en el calendario gregoriano como un año específico, un mes específico dentro de ese año, y un día específico de ese mes.

Figura D.1 – Estructura interna de un calendario típico

Calendar = Calendario

Calendar Era = Era de Calendario

Calendar Year = Año de Calendario

Calendar Month = Mes de Calendario

Calendar Day = Día de Calendario

Ordered = En Orden

Reference = Referencia

Los calendarios son complejos, porque los intervalos están basados nominalmente en ciclos astronómicos, pero los períodos de estos ciclos no son múltiplos enteros entre sí. Con objeto de mantener las relaciones de fase entre los ciclos de calendario y los ciclos astronómicos, se ajusta la duración de un intervalo intercalando intervalos a niveles inferiores.

OBSERVACIÓN Intercalar es insertar un intervalo adicional, como un día o un mes, en un calendario. Por

ejemplo, en el calendario gregoriano se intercala un día adicional al final de febrero de cada año bisiesto.

a) El intervalo de tiempo fundamental de todo calendario es el día, que corresponde nominalmente al período de rotación de la tierra alrededor de su eje. Las duraciones de otros intervalos utilizados en un calendario, son múltiplos enteros de un día. En muchos calendarios se identifica un día en particular, por su número de secuencia dentro de un mes. Algunos calendarios usan otros métodos.

b) Un año de calendario corresponde nominalmente al período de revolución de la tierra alrededor del sol. Puesto que la duración de ese período no es un número entero de días, la mayoría de los calendarios están diseñados para permitir que la duración del año de calendario varíe, de forma que la duración media en el período de tiempo más largo, sea igual al período de revolución de la tierra. Los calendarios varían en cuanto a la precisión con la que esto se logra. En la mayoría de los calendarios, se intercalan meses o días adicionales cíclicamente. En muchos calendarios antiguos, la intercalación se efectuaba de forma irregular, en el momento en que alguna autoridad gubernamental o religiosa sentía la necesidad de hacerlo.

c) Típicamente un año está compuesto por una secuencia de meses de diferente duración. Cuando existen reglas para la intercalación, la estructura interna de un año seguirá un patrón de un número limitado de patrones, cada uno de los cuales puede describirse por medio de una plantilla que contiene un listado de los nombres y duraciones de los meses de un año, que es el que se ajusta a dicha plantilla. Las reglas de intercalación proporcionan un medio para relacionar el número de secuencia de un año en particular dentro de una era con la plantilla a la que se ajusta.

Un mes se corresponde nominalmente con el período de un ciclo lunar –bien el ciclo de fases lunares o el ciclo de rotación de la luna alrededor de la tierra. En muchos calendarios antiguos, la duración de un mes se determinaba por observación astronómica más que por cálculo. Ni el ciclo lunar tiene un período igual a un múltiplo entero de la duración del día, ni un año astronómico es un múltiplo entero de cualquiera de los dos ciclos lunares. Algunos calendarios mantienen la relación de fase entre el mes de calendario y el ciclo lunar, restringiendo la variación en la duración del mes de calendario, de tal manera que su duración media sea igual al período de ciclo lunar. En este caso, el año de calendario se reajusta al período de revolución de la tierra alrededor del sol, intercalando un mes adicional en años específicos. Otros calendarios –por ejemplo, el gregoriano –no están diseñados para mantenerse en fase con el ciclo lunar: el año de calendario está simplemente dividido en un número entero de meses.

d) Muchos calendarios incluyen un intervalo de varios días de duración inferior a un mes. El calendario gregoriano y otros calendarios occidentales, por ejemplo, utilizan una semana de siete días como intervalo estándar. Aunque el día de la semana puede considerarse un elemento de fecha culturalmente significativo, no añade ninguna información sobre la posición temporal del día. Las reglas de intercalación pueden resultar complicadas, por los condicionantes de ciertas fiestas a caer tanto en determinados días de la semana, como en fechas específicas.

e) Todo calendario está asociado con una o más eras de calendario. Una era de calendario es una secuencia de años, que se cuenta en relación a una fecha de referencia que corresponde a algún acontecimiento mítico o religioso. Los calendarios suelen pertenecer a uno de dos grupos. Algunos cuentan los años en relación a un único evento de referencia, de tal manera que los años caen sólo en una o dos eras de calendario. El calendario gregoriano es un ejemplo. Por una serie de razones, el evento de referencia puede cambiar de un período histórico a otro. Por ejemplo, el calendario juliano (apartado D.3.1) se ha utilizado con diferentes eventos de referencia. Otros calendarios usan múltiples eventos de referencia. Como método de fechar, es bastante común, contar los años a partir del ascenso al poder de un soberano. El calendario japonés moderno (apartado D.3.2) y el antiguo calendario babilónico (apartado D.3.3), son ejemplos de este tipo.

D.2 Descripción de un calendario

El apartado 5.3.2 describe un esquema que define un conjunto de interfaces, relativamente simples, para un calendario. Especifica los requisitos detallados para la descripción de una era de calendario. La naturaleza de la información que pueda darse para facilitar la transformación de fechas de calendario a fechas julianas, está condicionada por algunos de los factores discutidos en el apartado D.1.

Algunos calendarios, incluyendo la mayoría de los se usan en la actualidad, se han regularizado hasta tal punto, que se pueden formular algoritmos para convertir con precisión, una fecha a una fecha juliana. En este caso, se puede dar la información necesaria en el formato de un determinado algoritmo. Dershowitz y Reingold (1997), Doggett (1992), Hatcher (1984, 1985) y Richards (1998), han publicado una serie de algoritmos de este tipo.

Muchos calendarios son casi regulares; siendo posible escribir algoritmos para convertir fechas a valores aproximados de fechas julianas. En este caso, la información necesaria puede darse en el formato de dichos algoritmos. En cada algoritmo se debería incluir una estimación de la precisión del resultado, y una referencia al período en el que puede obtenerse tal precisión.

Muchos calendarios irregulares no pueden describirse adecuadamente por algoritmos. En algunos casos, es posible hacer una descripción de cada uno de los patrones anuales que existen, junto con una tabla

de referencia que identifica el patrón utilizado cada año. Puede que sólo sea posible hacer una descripción de un año de calendario típico con un conjunto de fechas de referencia, lo que permitiría transformar por interpolación, las fechas a las fechas julianas aproximadas. Parise (1982) ofrece un gran número de tablas de conversión de calendarios.

D.3 Ejemplos

D.3.1 Calendario juliano

El calendario juliano es un ejemplo de calendario regular. Data del año 45 BC, cuando Julio César impuso una reforma del antiguo calendario romano, con objeto de hacerlo sincrónico con el año solar. El año normal [habitual] del calendario juliano tiene una duración de 365 días, con un día adicional intercalado cada cuatro años, lo que se conoce como año bisiesto. Tras la muerte de César, los pontífices romanos interpretaron mal la regla e intercalaron un día cada tres años. En el 9 BC, Augusto ordenó que se corrigiera el error resultante, omitiendo la intercalación de los años bisiestos subsiguientes hasta el 8 AC

El sistema del calendario juliano se ha utilizado en una serie de eras de calendario. Para detalles véase Parise (1982) y Richards (1998). Durante la era republicana tardía y durante toda la edad imperial de Roma, los años se contaron a partir de la supuesta [presunta] fecha de fundación de la ciudad, equivalente al año 753 BC. En el 525 AC, Dionisius Exiguus propuso la numeración de los años a partir del supuesto nacimiento de Jesucristo. Sin embargo, no se generalizó el uso de esta era cristiana en Europa occidental hasta el siglo XI AC, y no se adoptó en el mundo griego hasta el siglo XV.

Tabla D.1 – Meses del año juliano

Month Name = Nombre del Mes—enero, febrero, etc...

Length in common year = Duración del año no bisiesto

Length in leap year = Duración del año bisiesto

Desde el tiempo de Augusto, el año juliano se ha compuesto de 12 meses, como muestra la Tabla D.1. En el imperio romano el 1 de enero era el primer día del año. Después se usaron otras fechas. Para detalles, véase Parise (1982).

La Tabla D.2 es un ejemplo de descripción del calendario juliano que satisface los requisitos del apartado 5.3. El ejemplo describe el calendario juliano que ha sido usado en la era cristiana desde aproximadamente el 1 de enero del 1000 AC hasta el 4 de octubre de 1582 AC, con el 1 de enero como primer día del año.

Tabla D.2 – Descripción del calendario juliano en la era cristiana

Element = Elemento

Value = Valor

Julian calendar = Calendario juliano

Western Europe = Europa Occidental

Algorithm for transformation of Julian calendar date (Y/M/D) to Julian date (J) = Algoritmo para transformar la fecha del calendario juliano (Y/M/D) a la fecha juliana (J)

Algorithm for transformation of Julian date (J) to Julian calendar date (Y/M/D) = Algoritmo para transformar la fecha juliana (J) a la fecha del calendario juliano (Y/M/D)

Basis = Base

Christian era = Era cristiana

Birth of Jesus Christ = Nacimiento de Jesucristo

(lo demás no se traduce)

Los algoritmos en la tabla D.2 son una adaptación de Richards (1998). Estos algoritmos tienen que modificarse, para facilitar transformaciones de fechas del calendario juliano asociadas con otras eras de calendario, o para calendarios julianos que usan una fecha que no es el 1 de enero como primer día del año. Para detalles, véase Richards (1998). Se han efectuado todos los cálculos con aritmética de números enteros.

D.3.2. Calendario japonés moderno

Desde 1873 Japón ha utilizado el calendario gregoriano, aunque se ha mantenido el sistema de numeración de los años, de acuerdo con las eras de reinado de los emperadores. La tabla D.3 ejemplifica el uso de los elementos especificados por esta Norma Internacional, para describir las eras de calendario.

Tabla D.3 – Eras de calendario en Japón

Name = Nombre

ReferenceEvent = Evento de Referencia

ReferenceDate = Fecha de Referencia

JulianReference = Referencia Juliana

EpochOfUse = Época de Uso

Begin = Comienzo

End = Fin

Adoption of Gregorian calendar = Adopción del Calendario Gregoriano

New emperor accession = Ascenso al Poder del Nuevo Emperador

D.3.3 Calendario babilónico antiguo

El calendario babilónico antiguo es un ejemplo de calendario muy irregular. Fue un calendario lunar con doce meses en el año típico (tabla D.4). Se intercaló un decimotercer mes para mantener el calendario alineado con las estaciones. Al principio (aproximadamente en el año 2400 BC), esto se hizo para garantizar que la cosecha de cebada tuviera lugar durante el primer mes del año. Hacia el año 1000 BC, la decisión de intercalar dependió de la proximidad de la luna a las Pléyades en el primer día del año. Hacia el año 500 BC, la intercalación se hizo en un ciclo de 19 años, añadiendo un Adaru II en los años 3, 6, 8, 11, 14 y 19, y un Ululu II en el año 17.

Tabla D.4 – Meses del año babilónico

Number = Número

Name = Nombre

El día empezaba a la puesta del sol. Normalmente el mes comenzaba cuando la luna nueva se veía por vez primera, así que la duración de los meses alternaba irregularmente entre 29 y 30 días. Sin embargo, el mes finalizaba en el trigésimo día si no se podía observar la luna nueva.

1ª OBSERVACIÓN En la mayoría de los calendarios antiguos, el día comenzaba a la salida del sol o a su puesta, porque eran los únicos acontecimientos del ciclo diurno que podían observarse sin la ayuda de un equipo especializado. El comienzo del día a la puesta del sol, es razonable como comienzo del mes, porque es cuando se puede observar por vez primera la luna nueva.

2ª OBSERVACIÓN En principio es posible calcular la duración de cada mes lunar a partir de los datos astronómicos modernos, pero como la duración de los meses de calendario se basaba en observaciones, pueden no haber correspondido a los meses astronómicos.

Los años se numeraban en base a las eras de reinado de los soberanos. El primer año de una era comenzaba con el ascenso del rey al trono. En el siglo II AD, Ptolomeo elaboró una lista de reyes y sus fechas, desde el año 747 BC. Esta lista se ha utilizado como base para correlacionar los años babilónicos con los años en eras más recientes. Se han encontrado otras listas antiguas, que han permitido fechar hasta aproximadamente el 2000 BC, aunque la exactitud ha sido menor en los primeros años. La tabla D.5 ofrece un ejemplo para diez años del calendario babilónico.

Tabla D.5 – Primeros 10 años del reinado de Nabucodonosor II en Babilonia

Year = Año

Julian date for 1 Nisanu = Fecha juliana para el 1 Nisanu

Number of months = Número de meses

Number of days = Número de días

Intercalated month = Mes intercalado

Nebuchadnezzar = Nabucodonosor

Como no se conoce la duración de cada mes, es imposible llevar a cabo una transformación exacta de una fecha en este calendario a una fecha juliana. Sin embargo, un algoritmo basado en la duración media de un mes en un año cualquiera, dará como resultado una aproximación cercana a la fecha juliana correcta. La tabla D.6 ejemplifica el uso de los elementos especificados por esta Norma Internacional para describir el calendario babilónico.

Tabla D.6 – Descripción del calendario babilónico del tiempo de Nabucodonosor II

Element = Elemento

Value = Valor

Babylonian calendar = Calendario Babilónico

Southwest Asia = Sudoeste asiático

Algorithm for transformation of Babylonian calendar date (Y/M/D) to Julian date (J) = Algoritmo para transformar la fecha de calendario babilónico (Y/M/D) a fecha juliana (J)

Where = en donde

J_Y - Julian date for the 1st day of Nisanu for the year Y (from the table) = J_Y - Fecha juliana para el 1^{er} día de Nisanu para el año Y (de la tabla)

M - ordinal number of the month = M - Número ordinal del mes

L - number of days in the year (from table) = L - número de días en el año (de la tabla)

D - ordinal number of the day within the month = D - número ordinal del día dentro del mes

Algorithm for transformation of Julian date (J) to Babylonian calendar date = Algoritmo para transformar la fecha juliana (J) a la fecha del calendario babilónico

Y - value from table for the year for which the Julian date of 1 Nisanu (J_Y) is the largest value less than J = valor de la tabla para el año en el cual la fecha juliana del 1 Nisanu (J_Y) es el máximo valor menor que J

Basis = Base

Nebuchadnezzar II = Nabucodonosor II

Ascension of Nebuchadnezzar II to the throne of Babylon = Ascensión de Nabucodonosor II al trono de Babilonia

(lo demás no se traduce)

D.3.4 Calendario del Sistema de Posicionamiento Global

El Sistema de Posicionamiento Global, GPS (*Global Positioning System*) utiliza un sistema de calendario específico y un reloj, para expresar la posición temporal de los datos relativos a GPS. Las fechas se identifican en términos de un número de semana WN (*week number*), contado en una era de calendario que comenzó a medianoche (00:00:00 UTC) el 6 de enero de 1980, y los días se identifican por el número ordinal del día DN (*day number*), dentro de la semana. En ambos casos, la numeración empieza con 0. La tabla D.7 ejemplifica el uso de los elementos especificados por esta Norma Internacional para la descripción del calendario GPS.

Tabla D.7 – Descripción del calendario GPS

Element = Elemento

Value = Valor

Global Positioning System calendar = Calendario del Sistema de Posicionamiento Global

Global = Global

Algorithm for transformation of calendar date (WN, DN) to Julian date (J) = Algoritmo para transformar la fecha de calendario (WN, DN) a fecha juliana (J)

Algorithm for transformation of Julian date (J) to calendar date (WN, DN) = Algoritmo para transformar la fecha juliana (J) a fecha de calendario (WN, DN)

Basis = Base

GPS era = Era GPS

Current = vigente

(lo demás no se traduce)

El sistema de tiempo GPS es inusual por cuanto especifica el tiempo de reloj como tiempo de la semana TOW (*time of week*) expresado en segundos, en lugar de tiempo [hora] del día. Una semana GPS consta de 604.800 segundos. El tiempo GPS difiere del UTC por dos razones. El tiempo GPS es una escala continua, mientras que UTC se reajusta al tiempo periódico de rotación de la tierra por la adición de "saltos" de segundos. Además, el tiempo GPS se desvía aproximadamente un microsegundo con relación a UTC. El resultado es que los algoritmos para conversión entre tiempo GPS y UTC son bastante complicados, y no se incluyen en este ejemplo.

