CIENTIFICA
TechNoLogica
ISSN:3119-7906, Vol.1Núm.3 (2026): Julio-Setiembre
https://doi.org/10.17268/tech1.3.2026.04

# Las formas normales en bases de datos relacionales: Análisis de la Primera a la Quinta Forma Normal y la Forma Normal de Boyce-Codd

## Normal Forms in Relational Databases: Analysis from First to Fifth Normal Form and Boyce-Codd Normal Form

Imán Mendoza, Juan José [1] Lezma Machuca, Josue Abel [1]
Pasapera Castillo, Jean Franco [1] Terrones Amaya, Jean Felipe [1]

[1] Escuela de Ingeniería Informática, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú

*Autor correspondiente: jfterronesa@unitru.edu.pe (J-TerronesAmaya)

**RESUMEN**

La normalización constituye una de las técnicas fundamentales en el diseño de bases de datos relacionales, ya que permite reducir redundancias, eliminar anomalías de inserción, actualización y eliminación, y garantizar la integridad de la información. En este contexto, el presente estudio analiza la aplicación de la Primera Forma Normal (1FN), Segunda Forma Normal (2FN), Tercera Forma Normal (3FN), Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC), Cuarta Forma Normal (4FN) y Quinta Forma Normal (5FN), considerando los principios teóricos y las dependencias funcionales que sustentan cada etapa del proceso de normalización. Como caso de aplicación, se empleó un sistema de gestión de olimpiadas deportivas, a partir del cual se definió una relación inicial construida sobre la información recopilada en un formulario de registro de encuentros deportivos. Mediante el análisis de dependencias funcionales, multivaluadas y de unión, se realizaron descomposiciones sucesivas orientadas a obtener un esquema relacional consistente y libre de redundancias. Los resultados evidenciaron que la aplicación progresiva de las formas normales permitió transformar una estructura inicial con problemas potenciales de redundancia en un conjunto de relaciones adecuadamente organizadas, preservando la integridad y consistencia de los datos. Se concluye que la normalización constituye una estrategia esencial para el diseño lógico de bases de datos relacionales, siendo aplicable a sistemas complejos como los de gestión de eventos deportivos y contribuyendo significativamente a la calidad y mantenibilidad de los esquemas de datos.

**Palabras clave:** normalización, bases de datos relacionales, formas normales, dependencias funcionales, diseño de bases de datos.

**ABSTRACT**

*Normalization is a fundamental technique in relational database design, as it reduces redundancy, eliminates insertion, update, and deletion anomalies, and ensures data integrity. In this context, this study analyzes the application of First Normal Form (1NF), Second Normal Form (2NF), Third Normal Form (3NF), Boyce-Codd Normal Form (BCNF), Fourth Normal Form (4NF), and Fifth Normal Form (5NF), considering the theoretical principles and functional dependencies that underpin each stage of the normalization process. As an application case, a sports competition management system was used, from which an initial relation was defined based on the information collected in a sports event registration form. Through functional, multivalued, and join dependency analysis, successive decompositions were performed to obtain a consistent and redundancy-free relational schema. The results showed that the progressive application of normal forms transformed an initial structure with potential redundancy problems into a set of appropriately organized relationships, preserving data integrity and consistency. It is concluded that normalization is an essential strategy for the logical design of relational databases, applicable to complex systems such as sports event management systems, and significantly contributing to the quality and maintainability of data schemas.*

**Keywords:** *normalization, relational databases, normal forms, functional dependencies, database design.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento constante del volumen de información generado por organizaciones e instituciones ha incrementado la necesidad de contar con mecanismos que permitan almacenar, organizar y gestionar los datos de forma eficiente. En este contexto, las bases de datos relacionales constituyen uno de los modelos más utilizados para estructurar información, debido a que permiten representar los datos mediante relaciones lógicas independientes de su almacenamiento físico, facilitando su consulta y administración [1]. Asimismo, la gestión adecuada de los datos y el establecimiento de estrategias de gobernanza se han convertido en factores esenciales para maximizar el valor de la información y apoyar los procesos de toma de decisiones dentro de las organizaciones [2]. De igual manera, garantizar la calidad de los datos mediante atributos como la exactitud, consistencia y completitud contribuye a fortalecer la confiabilidad de los sistemas de información [3]. En este sentido, el diseño adecuado de una base de datos constituye un factor determinante para preservar dichas características, ya que una estructura deficiente puede generar redundancia de información e inconsistencias que afectan su desempeño y mantenimiento [4].

A pesar de las ventajas que ofrecen las bases de datos relacionales, un diseño inadecuado del esquema puede generar problemas que afectan la calidad y el mantenimiento de la información. La presencia de redundancia de datos incrementa el riesgo de inconsistencias y dificulta las operaciones de almacenamiento y actualización, mientras que las anomalías de inserción, modificación y eliminación comprometen la integridad de los datos y reducen la confiabilidad de los sistemas de información [5]. Estas deficiencias suelen estar asociadas con una definición incorrecta de las dependencias entre atributos, las cuales constituyen un elemento fundamental para el diseño lógico de esquemas relacionales consistentes [6]. En consecuencia, minimizar estos problemas representa un requisito indispensable para garantizar información íntegra, consistente y útil para los procesos organizacionales [3].

Frente a estas limitaciones, la normalización constituye una técnica fundamental en el diseño de bases de datos relacionales, orientada a refinar los esquemas mediante una organización lógica que preserve la información y reduzca la redundancia, favoreciendo estructuras más eficientes y consistentes [5], [1]. Este proceso se fundamenta en el análisis de las dependencias funcionales entre los atributos, las cuales permiten identificar relaciones de determinación y establecer descomposiciones que conserven las propiedades esenciales del esquema, como la preservación de dependencias y la unión sin pérdida de información [6], [7]. En este contexto, la aplicación progresiva de las diferentes formas normales contribuye a minimizar las anomalías de inserción, actualización y eliminación, fortaleciendo la integridad, consistencia y mantenibilidad de las bases de datos relacionales [5], [6].

Si bien los fundamentos de la normalización relacional fueron establecidos hace

varias décadas, su aplicación continúa siendo fundamental en el diseño de bases de datos modernas [1]. Estudios recientes destacan que la identificación adecuada de dependencias funcionales, claves y procesos de descomposición sigue siendo esencial para garantizar la integridad, consistencia y claridad semántica de los datos [8]. Asimismo, las buenas prácticas de modelado relacional continúan considerando la normalización como un mecanismo indispensable para reducir redundancias, preservar dependencias y mejorar la calidad de la información almacenada [9]. En consecuencia, la normalización sigue representando una práctica vigente en el desarrollo de sistemas de información y su correcta aplicación depende de una adecuada interpretación de las reglas de negocio que caracterizan cada dominio de aplicación [8], [9].

En este contexto, los sistemas de gestión aplicados a eventos deportivos representan un escenario adecuado para la implementación de modelos relacionales, debido a la diversidad de entidades, relaciones y restricciones que intervienen en la administración de competencias, participantes, escenarios y resultados. Los sistemas de gestión de olimpiadas deportivas requieren almacenar información proveniente de diversas fuentes y procesos. En muchos casos, los datos son registrados en estructuras poco organizadas, generando duplicidad de registros, inconsistencias y dificultades para mantener la integridad de la información [5]. Por ejemplo, un mismo participante puede intervenir en distintas disciplinas, contar con varios entrenadores a lo largo del tiempo y poseer más de una nacionalidad. Asimismo, los encuentros deportivos involucran árbitros, escenarios y premios asociados a diferentes fases del torneo. Si estos datos son almacenados en una única estructura, se incrementa considerablemente la redundancia y el riesgo de errores durante las operaciones de inserción, actualización y eliminación [6]. Diversos estudios destacan que la normalización constituye una estrategia fundamental para mejorar la calidad del diseño de bases de datos y optimizar el manejo de la información en sistemas complejos [7]. La experiencia reportada en el desarrollo de plataformas de información para los Juegos Olímpicos demuestra que el diseño de bases de datos constituye un componente esencial para garantizar la integración, disponibilidad y consistencia de la información en este tipo de sistemas [10].

Bajo esta perspectiva, el presente trabajo toma como caso de estudio el diseño y normalización de una base de datos para un sistema de gestión de olimpiadas deportivas, utilizando las reglas de negocio y un formulario inicial de registro de encuentros deportivos como base para la construcción de una relación universal. A partir de dicha relación se aplican sistemáticamente la Primera Forma Normal (1FN), Segunda Forma Normal (2FN), Tercera Forma Normal (3FN), Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC), Cuarta Forma Normal (4FN) y Quinta Forma Normal (5FN), con el objetivo de obtener un esquema relacional consistente, libre de redundancias y adecuado para la administración de competencias deportivas, preservando la integridad de los datos y reduciendo las anomalías de inserción, actualización y eliminación [1], [7], [8].

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales

El desarrollo del presente estudio requirió recursos de hardware, software y documentación del dominio de aplicación para llevar a cabo el proceso de normalización de la base de datos del sistema de gestión de olimpiadas deportivas. Como plataforma de trabajo se utilizó un equipo de cómputo con sistema operativo Windows, mientras que Microsoft Excel fue empleado como herramienta principal para organizar la relación inicial, registrar los atributos identificados y documentar las sucesivas transformaciones realizadas durante la aplicación de las formas normales. El uso de hojas de cálculo resulta apropiado para este tipo de procedimientos, ya que facilita la organización tabular de la información y el análisis progresivo de las dependencias entre atributos, manteniendo una estructura uniforme durante todo el proceso [11], [12].

Tabla I
MATERIALES UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

| Categoría | Material | Descripción del uso |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| Hardware | Equipo de cómputo con sistema operativo Windows | Utilizado para el desarrollo y documentación del proceso de normalización. |
| Software | Microsoft Excel | Empleado para organizar la relación inicial, analizar las dependencias funcionales y documentar las transformaciones correspondientes a cada forma normal. |
| Fuente de información | Reglas de negocio del sistema de gestión de olimpiadas deportivas | Base para la identificación de atributos, dependencias funcionales y criterios de descomposición aplicados durante la normalización. |

2.2 Método

El desarrollo del presente estudio siguió una metodología orientada a la normalización de una base de datos relacional para un sistema de gestión de olimpiadas deportivas. El procedimiento comprendió la construcción de una relación inicial a partir de las reglas de negocio definidas para el caso de estudio, el análisis de las dependencias funcionales entre los atributos y la aplicación progresiva de la Primera Forma Normal (1FN), Segunda Forma Normal (2FN), Tercera Forma Normal (3FN), Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC) hasta Quinta Forma Normal (5FN). Finalmente, se verificó que las relaciones obtenidas preservaran la integridad de la información, redujeran la redundancia y mantuvieran la consistencia del esquema relacional, de acuerdo con los principios del diseño de bases de datos relacionales [1], [5], [7], [8].

2.2.1 Definición de la relación inicial

La definición de la relación inicial constituyó la primera etapa del proceso metodológico, en la cual se identificaron los atributos y las reglas de negocio necesarias para representar la información del sistema de gestión de olimpiadas deportivas. A partir de este análisis se estableció una relación universal que integró todos los datos del caso de estudio, facilitando la identificación de redundancias, dependencias funcionales y posibles anomalías en el diseño lógico de la base de datos [1], [5], [13].

Como parte de este proceso, los atributos fueron organizados y agrupados según su afinidad funcional, tal como se muestra en la Figura 1, lo que permitió estructurar la información antes de iniciar el proceso de normalización. Posteriormente, se identificaron las dependencias funcionales entre los atributos, las cuales sirvieron como base para determinar las claves candidatas y orientar las descomposiciones sucesivas del esquema relacional [2], [7], [14].

2.2.1.1 Formulario base para el diseño de la base de datos

Para iniciar el proceso de normalización se definió un formulario de registro de encuentros deportivos, el cual representa la información que habitualmente se recopila durante la organización de una olimpiada deportiva. Este formulario constituye la fuente inicial de datos a partir de la cual se identificaron entidades, atributos, dependencias funcionales y relaciones necesarias para el diseño de la base de datos.

El formulario contiene información relacionada con la olimpiada, disciplina deportiva, fase de competencia, escenario, participantes, entrenadores, árbitros y resultados obtenidos. Entre los datos registrados se incluyen: código de olimpiada, nombre de la olimpiada, disciplina, modalidad, fecha del encuentro, escenario, ciudad, participante, nacionalidad, entrenador, especialidad del entrenador, árbitro, idioma, certificación, posición final y medalla obtenida.

Inicialmente toda esta información se encuentra concentrada en un único formulario, generando redundancia de datos debido a la repetición de información de participantes, entrenadores, árbitros, disciplinas y escenarios en múltiples registros. Esta situación puede ocasionar

anomalías de inserción, actualización y eliminación, afectando la consistencia de la información.

A partir de este formulario se construyó la relación universal utilizada como punto de partida para la aplicación de la Primera Forma Normal (1FN), Segunda Forma Normal (2FN), Tercera Forma Normal (3FN), Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC), Cuarta Forma Normal (4FN) y Quinta Forma Normal (5FN), obteniendo finalmente un esquema relacional consistente para la gestión de olimpiadas deportivas.

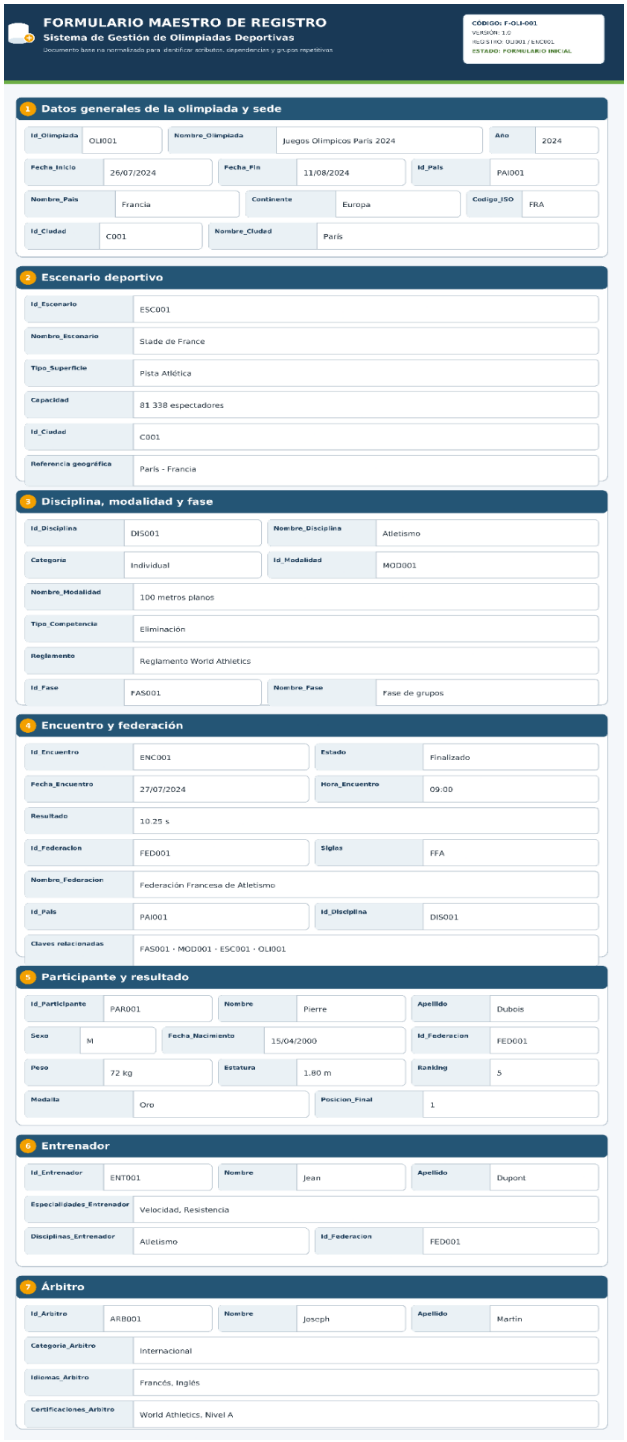


Fig. 1. Formulario maestro de registro utilizado como punto de partida para la normalización de la base de datos del sistema de gestión de olimpiadas deportivas.

Finalmente, la relación inicial y sus dependencias funcionales fueron documentadas en Microsoft Excel, permitiendo registrar de manera ordenada cada una de las

transformaciones realizadas durante la aplicación de las formas normales hasta la Quinta Forma Normal (5FN), garantizando la trazabilidad y preservación de la información a lo largo del proceso [11], [12].

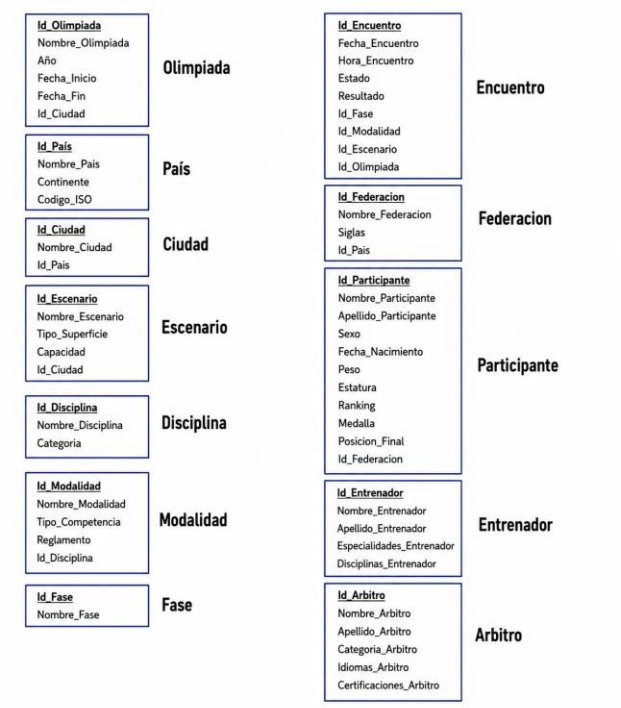


Fig. 2. Agrupación inicial de los atributos del sistema de gestión de olimpiadas deportivas según su afinidad funcional.

### 2.2.2 Aplicación del proceso de normalización

Una vez definida la relación inicial y establecidas las dependencias funcionales, se procedió a aplicar el proceso de normalización de manera secuencial con el objetivo de reducir la redundancia de los datos, eliminar anomalías de inserción, actualización y eliminación, así como mejorar la consistencia del esquema relacional. La normalización se desarrolló mediante una serie de descomposiciones sucesivas que preservaron la información y las dependencias funcionales, siguiendo los principios establecidos para el diseño de bases de datos relacionales [1], [2], [5].

En primer lugar, se aplicó la Primera Forma Normal (1FN), verificando que todos los atributos presentaran valores atómicos y eliminando grupos repetitivos o conjuntos multivaluados presentes en la relación inicial. Posteriormente, la Segunda Forma Normal (2FN) permitió identificar y eliminar dependencias parciales entre atributos no clave y claves compuestas, garantizando que cada atributo dependiera completamente de la clave primaria de su relación [1], [7], [13].

A continuación, se aplicó la Tercera Forma Normal (3FN) mediante la eliminación de dependencias transitivas entre atributos no clave, obteniendo relaciones con una estructura más consistente y menor redundancia. Posteriormente, el esquema fue evaluado bajo los criterios de la Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC), verificando que todo determinante correspondiera a una clave candidata, fortaleciendo así la integridad lógica del modelo relacional [2], [8], [14].

En la siguiente etapa se aplicó la Cuarta Forma Normal (4FN), analizando la existencia de dependencias multivaluadas independientes dentro de las relaciones obtenidas. Cuando se identificaron este tipo de dependencias, las relaciones fueron descompuestas con el fin de evitar redundancias derivadas del almacenamiento simultáneo de múltiples conjuntos de valores independientes asociados a una misma clave. Este procedimiento permitió obtener relaciones más independientes y consistentes conforme a los principios del modelo relacional [15], [16].

Finalmente, se aplicó la Quinta Forma Normal (5FN) para analizar posibles dependencias de unión (join dependences) y realizar las descomposiciones necesarias que permitieran reconstruir la información original sin pérdida de datos ni generación de tuplas espurias. Esta etapa aseguró que cada relación representará un único hecho del dominio de estudio, obteniendo un esquema altamente normalizado y adecuado para la gestión eficiente de la información del sistema de olimpiadas deportivas [3], [5], [17].

TABLA II
ETAPAS DEL PROCESO DE NORMALIZACIÓN APLICADO

| Etapa | Criterio aplicado | Objetivo |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| Relación inicial | Integración de atributos del caso de estudio | Representar toda la información del sistema en una única relación. |
| Primera Forma Normal (1FN) | Eliminación de grupos repetitivos y atributos multivaluados | Garantizar la atomicidad de los datos. |
| Segunda Forma Normal (2FN) | Eliminación de dependencias parciales | Asegurar la dependencia completa respecto a la clave primaria. |
| Tercera Forma Normal (3FN) | Eliminación de dependencias transitivas | Reducir la redundancia y mejorar la consistencia del esquema. |
| Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC) | Verificación de determinantes | Garantizar que todo determinante sea una clave candidata. |
| Cuarta Forma Normal (4FN) | Eliminación de dependencias multivaluadas | Evitar redundancias ocasionadas por atributos multivaluados independientes. |
| Quinta Forma Normal (5FN) | Eliminación de dependencias de unión | Obtener un esquema relacional libre de redundancias derivadas de relaciones complejas. |

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Relación inicial y Primera Forma Normal

La relación inicial agrupó los datos del dominio deportivo en doce estructuras principales: OLIMPIADA, PAIS, CIUDAD, ESCENARIO, DISCIPLINA, MODALIDAD, FASE, ENCUENTRO, FEDERACION, PARTICIPANTE, ENTRENADOR y ARBITRO. Se identificaron cuatro atributos no atómicos: Especialidades_Entrenador, Disciplinas_Entrenador, Idiomas_Arbitro y Certificaciones_Arbitro. La 1FN separó los datos del entrenador en ENTRENADOR y ENTRENADOR_ESPECIALIDAD, y los datos del árbitro en ARBITRO y ARBITRO_DETALLE. Con ello, cada celda quedó asociada con un único valor del dominio.

**Resultados de la Primera Forma Normal (1FN)**

**ENTRENADOR**

| Id_Entrenador | Nombre_Entrenador | Apellido_Entrenador | Especialidades_Entrenador | Disciplinas_Entrenador |
|---|---|---|---|---|
| ENT001 | Jean | Dupont | Velocidad, Resistencia | Atletismo |
| ENT002 | Emily | Carter | Estilo Libre, Mariposa | Natación |
| ENT003 | Liam | Wilson | Dobles, Estrategia | Tenis |
| ENT004 | Carlos | Ramírez | Defensa, Preparación Física | Fútbol |

**ENTRENADOR**

| Id_Entrenador | Nombre_Entrenador | Apellido_Entrenador | Id_Federacion |
|---|---|---|---|
| ENT001 | Jean | Dupont | FED001 |
| ENT002 | Emily | Carter | FED002 |
| ENT003 | Liam | Wilson | FED003 |
| ENT004 | Carlos | Ramírez | FED004 |

**TABLA ENTRENADOR_ESPECIALIDAD**

| Id_Entrenador | Especialidad | Disciplina |
|---|---|---|
| ENT001 | Velocidad | Atletismo |
| ENT001 | Resistencia | Atletismo |
| ENT002 | Estilo Libre | Natación |
| ENT002 | Mariposa | Natación |
| ENT003 | Dobles | Tenis |
| ENT003 | Estrategia | Tenis |
| ENT004 | Defensa | Fútbol |
| ENT004 | Preparación Física | Fútbol |

Fig. 3. Normalización de ENTRENADOR y ENTRENADOR_ESPECIALIDAD en Primera Forma Normal.

En el caso de ENTRENADOR, los datos personales y la federación se conservaron en la relación ENTRENADOR, mientras que las especialidades y disciplinas se trasladaron a ENTRENADOR_ESPECIALIDAD. De manera semejante, ARBITRO mantuvo los datos personales y la categoría, mientras que los idiomas y las certificaciones se organizaron en ARBITRO_DETALLE.

**Resultados de la Primera Forma Normal (1FN)**

**ÁRBITRO**

| Id_Arbitro | Nombre_Arbitro | Apellido_Arbitro | Categoria_Arbitro | Idiomas_Arbitro | Certificaciones_Arbitro |
|---|---|---|---|---|---|
| ARB001 | Joseph | Martin | Internacional | Francés, Inglés | World Athletics, Nivel A |
| ARB002 | Mariana | Brown | Internacional | Inglés, Español | World Aquatics, Nivel A |
| ARB003 | Donald | Anderson | Internacional | Inglés | ITF White Badge, ITF Bronze Badge |
| ARB004 | Diego | Sánchez | Nacional | Español | Licencia FPF, CONMEBOL |

**ÁRBITRO**

| Id_Arbitro | Nombre_Arbitro | Apellido_Arbitro | Categoria_Arbitro |
|---|---|---|---|
| ARB001 | Joseph | Martin | Internacional |
| ARB002 | Mariana | Brown | Internacional |
| ARB003 | Donald | Anderson | Internacional |
| ARB004 | Diego | Sánchez | Nacional |

**ÁRBITRO_DETALLE**

| Id_Arbitro | Idioma | Certificacion |
|---|---|---|
| ARB001 | Francés | World Athletics |
| ARB001 | Inglés | Nivel A |
| ARB002 | Inglés | World Aquatics |
| ARB002 | Español | Nivel A |
| ARB003 | Inglés | ITF White Badge |
| ARB004 | Español | ITF Bronze Badge |

Fig. 4. Normalización de ARBITRO y ARBITRO_DETALLE en Primera Forma Normal.

### 3.2 Segunda Forma Normal

La relación ENTRENADOR_ESPECIALIDAD contenía los atributos Id_Entrenador, Especialidad y Disciplina, con una clave compuesta formada por Id_Entrenador y Especialidad. Se observó que Disciplina dependía únicamente de Especialidad y no de la clave compuesta completa. Para eliminar esta dependencia parcial, la relación se descompuso en ENTRENADOR_ESPECIALIDAD(Id_Entrenador, Especialidad) y ESPECIALIDAD(Especialidad, Disciplina).

**Resultados de la Segunda Forma Normal (2FN)**

**TABLA ENTRENADOR_ESPECIALIDAD**

| Id_Entrenador | Especialidad | Disciplina |
|---|---|---|
| ENT001 | Velocidad | Atletismo |
| ENT001 | Resistencia | Atletismo |
| ENT002 | Estilo Libre | Natación |
| ENT002 | Mariposa | Natación |
| ENT003 | Dobles | Tenis |
| ENT003 | Estrategia | Tenis |
| ENT004 | Defensa | Fútbol |
| ENT004 | Preparación Física | Fútbol |

**TABLA ENTRENADOR_ESPECIALIDAD**

| Id_Entrenador | Especialidad |
|---|---|
| ENT001 | Velocidad |
| ENT001 | Resistencia |
| ENT002 | Estilo Libre |
| ENT002 | Mariposa |
| ENT003 | Dobles |
| ENT003 | Estrategia |
| ENT004 | Defensa |
| ENT004 | Preparación Física |

**TABLA ESPECIALIDAD**

| Especialidad | Disciplina |
|---|---|
| Velocidad | Atletismo |
| Resistencia | Atletismo |
| Estilo Libre | Natación |
| Mariposa | Natación |
| Dobles | Tenis |
| Estrategia | Tenis |
| Defensa | Fútbol |
| Preparación Física | Fútbol |

Fig. 5. Descomposición de ENTRENADOR_ESPECIALIDAD y ESPECIALIDAD en Segunda Forma Normal.

### 3.3 Tercera Forma Normal

La relación PARTICIPANTE almacenaba conjuntamente los atributos Medalla y Posicion_Final. Se identificó que la medalla obtenida dependía de la posición final alcanzada, estableciéndose la dependencia Posicion_Final → Medalla. En consecuencia, se preservaron los datos del participante y su posición final en PARTICIPANTE, mientras que la correspondencia entre posición y medalla se trasladó a POSICION_MEDALLA.

**Resultados de la Tercera Forma Normal (3FN)**

**PARTICIPANTE**

| Id_Participante | Nombre_Participante | Apellido_Participante | Sexo | Fecha_Nacimiento | Peso (kg) | Estatura (m) | Ranking | Medalla | Posicion_Final | Id_Federacion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PAR001 | Pierre | Dubois | M | 15/04/2000 | 72 | 1.8 | 5 | Oro | 1 | FED001 |
| PAR002 | Michael | Johnson | M | 22/08/1998 | 78 | 1.85 | 3 | Plata | 2 | FED002 |
| PAR003 | Olivia | Smith | F | 10/01/2001 | 65 | 1.74 | 4 | Bronce | 3 | FED003 |
| PAR004 | Jean Felipe | Terrones | M | 06/02/2006 | 88 | 1.7 | 8 | Ninguna | 4 | FED004 |

Fig. 6. Relación PARTICIPANTE antes de aplicar la Tercera Forma Normal.

**Resultados de la Tercera Forma Normal (3FN)**

**PARTICIPANTE**

| Id_Participante | Nombre_Participante | Apellido_Participante | Sexo | Fecha_Nacimiento | Peso (kg) | Estatura (m) | Ranking | Posicion_Final | Id_Federacion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PAR001 | Pierre | Dubois | M | 15/04/2000 | 72 | 1.8 | 5 | 1 | FED001 |
| PAR002 | Michael | Johnson | M | 22/08/1998 | 78 | 1.85 | 3 | 2 | FED002 |
| PAR003 | Olivia | Smith | F | 10/01/2001 | 65 | 1.74 | 4 | 3 | FED003 |
| PAR004 | Jean Felipe | Terrones | M | 06/02/2006 | 88 | 1.7 | 8 | 4 | FED004 |

**POSICION_MEDALLA**

| Posicion_Final | Medalla |
|---|---|
| 1 | Oro |
| 2 | Plata |
| 3 | Bronce |
| 4 | Ninguna |

Fig. 7. Descomposición de PARTICIPANTE y POSICION_MEDALLA en Tercera Forma Normal.

### 3.4 Forma Normal de Boyce-Codd

La relación ENCUENTRO contenía simultáneamente los atributos Id_Escenario e Id_Olimpiada. Se determinó que Id_Olimpiada podía obtenerse de manera derivable mediante la relación entre escenario y ciudad, por lo que su almacenamiento directo en ENCUENTRO generaba redundancia. Para cumplir la FNBC, Id_Olimpiada fue retirado de ENCUENTRO, conservándose Id_Escenario como vínculo para recuperar la olimpiada correspondiente.

**Resultados de la Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC)**

**ENCUENTRO**

| Id_Encuentro | Fecha_Encuentro | Hora_Encuentro | Estado | Resultado | Id_Fase | Id_Modalidad | Id_Escenario | Id_Olimpiada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ENC001 | 27/07/2024 | 09:00 | Finalizado | 10.25 s | FAS001 | MOD001 | ESC001 | OLI001 |
| ENC002 | 29/07/2028 | 14:30 | Programado | Pendiente | FAS002 | MOD002 | ESC002 | OLI002 |
| ENC003 | 02/08/2032 | 16:00 | En curso | Parcial | FAS003 | MOD003 | ESC003 | OLI003 |
| ENC004 | 03/08/2036 | 19:00 | Programado | Pendiente | FAS004 | MOD004 | ESC004 | OLI004 |

**Nota**

Id_Olimpiada es redundante se obtiene de manera derivable vía escenario, ciudad

**ENCUENTRO**

| Id_Encuentro | Fecha_Encuentro | Hora_Encuentro | Estado | Resultado | Id_Fase | Id_Modalidad | Id_Escenario |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ENC001 | 27/07/2024 | 09:00 | Finalizado | 10.25 s | FAS001 | MOD001 | ESC001 |
| ENC002 | 29/07/2028 | 14:30 | Programado | Pendiente | FAS002 | MOD002 | ESC002 |
| ENC003 | 02/08/2032 | 16:00 | En curso | Parcial | FAS003 | MOD003 | ESC003 |
| ENC004 | 03/08/2036 | 19:00 | Programado | Pendiente | FAS004 | MOD004 | ESC004 |

Fig. 8. Eliminación del atributo Id_Olimpiada de ENCUENTRO en la Forma Normal de Boyce-Codd.

3.5 Cuarta Forma Normal

La relación ARBITRO_DETALLE agrupaba los atributos Id_Arbitro, Idioma y Certificacion. Los idiomas y las certificaciones constituían conjuntos multivaluados asociados con un mismo árbitro, por lo que su permanencia en una sola relación podía generar combinaciones redundantes. La 4FN separó esta estructura en ARBITRO_IDIOMA(Id_Arbitro, Idioma) y ARBITRO_CERTIFICACION(Id_Arbitro, Certificacion).

**Resultados de la Cuarta Forma Normal (4FN)**

**TABLA ARBITRO_DETALLE**

| Id_Arbitro | Idioma | Certificacion |
|---|---|---|
| ARB001 | Francés | World Athletics |
| ARB001 | Inglés | Nivel A |
| ARB002 | Inglés | World Aquatics |
| ARB002 | Español | Nivel A |
| ARB003 | Inglés | ITF White Badge |
| ARB004 | Español | ITF Bronze Badge |

**TABLA ARBITRO_IDIOMA**

| Id_Arbitro | Idioma |
|---|---|
| ARB001 | Francés |
| ARB001 | Inglés |
| ARB002 | Inglés |
| ARB002 | Español |
| ARB003 | Inglés |
| ARB004 | Español |

**TABLA ARBITRO_CERTIFICACION**

| Id_Arbitro | Certificacion |
|---|---|
| ARB001 | World Athletics |
| ARB001 | Nivel A |
| ARB002 | World Aquatics |
| ARB002 | Nivel A |
| ARB003 | ITF White Badge |
| ARB004 | ITF Bronze Badge |

Fig. 9. Descomposición de ARBITRO_DETALLE en ARBITRO_IDIOMA y ARBITRO_CERTIFICACION en Cuarta Forma Normal.

3.6 Quinta Forma Normal

La relación ENTRENADOR incluía los atributos Id_Entrenador, Nombre_Entrenador, Apellido_Entrenador e Id_Federacion. Se identificó que Id_Federacion era un atributo redundante y derivable mediante la ruta Especialidad → Disciplina → Federación. En la estructura resultante, ENTRENADOR conservó únicamente Id_Entrenador, Nombre_Entrenador y Apellido_Entrenador, evitando almacenar nuevamente un dato que podía obtenerse mediante las relaciones existentes.

**Resultados de la Quinta Forma Normal (5FN)**

**ENTRENADOR**

| Id_Entrenador | Nombre_Entrenador | Apellido_Entrenador | Id_Federacion |
|---|---|---|---|
| ENT001 | Jean | Dupont | FED001 |
| ENT002 | Emily | Carter | FED002 |
| ENT003 | Liam | Wilson | FED003 |
| ENT004 | Carlos | Ramírez | FED004 |

**Nota**

**redundante, derivable vía Especialidad→Disciplina→Federación**

**ENTRENADOR**

| Id_Entrenador | Nombre_Entrenador | Apellido_Entrenador |
|---|---|---|
| ENT001 | Jean | Dupont |
| ENT002 | Emily | Carter |
| ENT003 | Liam | Wilson |
| ENT004 | Carlos | Ramírez |

Fig. 10. Eliminación del atributo Id_Federacion de ENTRENADOR en Quinta Forma Normal.

## 4. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Los resultados obtenidos permitieron cumplir el objetivo de diseñar y normalizar una base de datos relacional para un sistema de gestión de olimpiadas deportivas mediante la aplicación progresiva de las formas normales, obteniendo un esquema relacional consistente, con reducción de redundancias y preservación de la integridad lógica de la información. A partir de los hallazgos obtenidos, se destacan los siguientes aspectos:

1. La aplicación secuencial de la Primera, Segunda y Tercera Forma Normal permitió transformar la relación inicial en un conjunto de relaciones con atributos atómicos y dependencias funcionales correctamente definidas, reduciendo la redundancia y eliminando anomalías de inserción, actualización y eliminación. Estos resultados coinciden con los principios establecidos por el modelo relacional y con los procedimientos clásicos de síntesis de esquemas propuestos para el diseño lógico de bases de datos [1], [2], [4], [12], [13].
2. La incorporación de la Forma Normal de Boyce-Codd (FNBC), la Cuarta Forma Normal (4FN) y la Quinta Forma Normal (5FN) permitió identificar dependencias funcionales, multivaluadas y de unión que no son abordadas completamente por las formas normales inferiores. La

descomposición obtenida preservó la información original y eliminó redundancias derivadas de relaciones complejas, resultados acordes con los estudios de Fagin, Date y otros autores especializados en formas normales superiores [5], [6], [9], [10], [11].

3. El esquema relacional obtenido representa adecuadamente las entidades y relaciones involucradas en la gestión de olimpiadas deportivas, favoreciendo una estructura modular, consistente y fácilmente mantenible. Estos resultados coinciden con las recomendaciones actuales sobre diseño lógico, normalización y preservación de dependencias en bases de datos relacionales, así como con aplicaciones desarrolladas para plataformas de gestión de eventos deportivos [14], [15], [17], [18], [20].

4. Si bien la normalización hasta la Quinta Forma Normal incrementa el número de relaciones del esquema, esta organización favorece la integridad, mantenibilidad y escalabilidad de la base de datos, reduciendo inconsistencias y facilitando futuras ampliaciones del sistema. No obstante, un mayor nivel de normalización puede incrementar las operaciones de reunión (JOIN) durante las consultas, por lo que la implementación física deberá equilibrar los beneficios del diseño lógico con los requerimientos de rendimiento. Asimismo, aunque el presente trabajo se centró en la normalización de una relación inicial, el empleo de modelos conceptuales como el Entidad–Relación continúa siendo una práctica complementaria para representar el dominio antes de su transformación al modelo relacional [3], [16], [17], [19].

## 5. CONCLUSIONES

1) A partir de un formulario inicial de registro de información deportiva, fue posible identificar atributos, dependencias funcionales y relaciones de negocio que sirvieron como base para la aplicación sistemática de la Primera, Segunda, Tercera, Boyce-Codd, Cuarta y Quinta Forma Normal. Como resultado, se obtuvo una base de datos relacional consistente para la gestión de olimpiadas deportivas, reduciendo redundancias y preservando la integridad de la información.

2) El proceso de normalización evidenció la importancia de identificar correctamente las dependencias funcionales, multivaluadas y de unión como criterio para realizar descomposiciones sin pérdida de información, garantizando que cada relación representará un único hecho del dominio de estudio conforme a los principios del modelo relacional.

3) El esquema relacional obtenido constituye una base adecuada para la administración de competencias deportivas, participantes, entrenadores, árbitros, escenarios y demás entidades del sistema, favoreciendo la consistencia de los datos, la mantenibilidad del diseño y su futura implementación en un sistema gestor de bases de datos.

4) Como trabajo futuro, se propone implementar el esquema normalizado en un sistema gestor de bases de datos relacional y evaluar su desempeño mediante consultas, restricciones de integridad y pruebas de rendimiento, con el propósito de validar su comportamiento en escenarios de uso reales.

## 6. RECONOCIMIENTOS

Los autores expresan su sincero reconocimiento al Dr. Ing. José Arturo Díaz Pulido, docente de la Universidad Nacional de Trujillo, por su constante orientación, disposición y valioso asesoramiento durante el desarrollo del presente proyecto. Del mismo modo, reconocen el apoyo de la Escuela de Ingeniería Informática, por proporcionar los conocimientos, recursos y el entorno académico necesarios para la realización de este trabajo.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] E. F. Codd, “A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks,” Communications of the ACM, vol. 13, no. 6, pp. 377–387, Jun. 1970, doi: 10.1145/362384.362685

[2] B. M. V. Bernardo, R. R. N. M. Santos, J. C. S. Reis, et al., “Data governance & quality management—Innovation and breakthroughs across different fields,” Journal of Innovation & Knowledge, vol. 9, no. 3, 2024.

[3] M. Guillen-Aguinaga, et al., “Data Quality in the Age of AI: A Review of Governance, Challenges and Future Directions,” 2025.

[4] C. Calero and M. Piattini, “Metrics for Databases: A Way to Assure the Quality,” in Information and Database Quality, M. G. Piattini, C. Calero, and M. Genero, Eds. Boston, MA, USA: Springer, 2002, pp. 57–83, doi: 10.1007/978-1-4615-0831-1_5.

[5] S. Kolahi and E. H. A. “Dependency-Preserving Normalization of Relational and XML Data,” in Database Programming Languages (DBPL 2005), Lecture Notes in Computer Science, vol. 3774, G. Bierman and C. Koch, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005, doi: 10.1007/11601524_16.

[6] Y. Kambayashi, K. Tanaka, and S. Yajima, “Problems of Relational Database Design,” in Data Base Design Techniques I: Requirements and Logical Structures (DBDT 1978), Lecture Notes in Computer Science, vol. 132, S. B. Yao, S. B. Navathe, J.-L. Weldon, and T. L. Kunii, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer, 1982, doi: 10.1007/3-540-11214-6_8.

[7] C. Delobel, “Normalization and Hierarchical Dependencies in the Relational Data Model,” ACM Transactions on Database Systems, vol. 3, no. 3, pp. 201–222, Sep. 1978, doi: 10.1145/320263.320271.

[8] H. Köhler and S. Link, “SQL Schema Design: Foundations, Normal Forms, and Normalization,” Information Systems, vol. 76, pp. 88–113, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.is.2018.04.001.

[9] E. L. F. Lima, P. H. M. B. Lopes, and F. A. Nascimento, “Boas práticas de modelagem de dados em bancos relacionais: uma revisão rápida de literatura,” Revista Sociedade Científica, vol. 9, no. 1, pp. 1188–1202, 2026, doi: 10.61411/rsc2026136219.

[10] L. Yang, G. Su, and H. Yuan, “Design Principles of Integrated Information Platform for Emergency Responses: The Case of 2008 Beijing Olympic Games,” Information Systems Research, vol. 23, no. 3, pp. 761–786, 2012, doi: 10.1287/isre.1110.0387.

[11] K. W. Broman and K. H. Woo, “Data Organization in Spreadsheets,” The American Statistician, vol. 72, no. 1, pp. 2–10, 2018, doi: 10.1080/00031305.2017.1375989.

[12] Microsoft, “Guidelines for organizing and formatting data on a worksheet,” Microsoft Support. Disponible: Microsoft Support – Guidelines for organizing and formatting data on a worksheet. Consultado: jul. 2026

[13] D. Maier, The Theory of Relational Databases. Rockville, MD, USA: Computer Science Press, 1983.

[14] C. Delobel, “A Universal Formalism to Express Decompositions, Functional Dependencies and Other Constraints in a Relational Database,” Theoretical Computer Science, vol. 19, no. 2, pp. 143–160, 1982, doi: 10.1016/0304-3975(82)90057-3.

[15] R. Fagin, “Normal Forms and Relational Database Operators,” Proceedings of the 1979 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, Boston, MA, USA, pp. 153–160, 1979.

[16] R. Fagin, “Multivalued Dependencies and a New Normal Form for Relational Databases,” ACM Transactions on Database Systems, vol. 2, no. 3, pp. 262–278, 1977.

[17] H. Köhler and S. Link, “SQL Schema Design: Foundations, Normal Forms, and Normalization,” Information Systems, vol. 76, pp. 88–113, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.is.2018.04.001.

[18] ] C. J. Date, An Introduction to Database Systems, 8th ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2004.

[19] P. P.-S. Chen, “The Entity-Relationship Model—Toward a Unified View of Data,” ACM Transactions on Database Systems, vol. 1, no. 1, pp. 9–36, Mar. 1976, doi: 10.1145/320434.320440.

[20] S. Kolahi and L. Libkin, “Dependency-Preserving Normalization of Relational and XML Data,” in Database Programming Languages, LNCS 3774, G. Bierman and C. Koch, Eds. Berlin, Germany: Springer, 2005, pp. 247–261, doi: 10.1007/11601524_16.