

**Tesista:** Leandro Jaureguizar

Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Doctor en Ciencia de Materiales. Universidad Nacional de Mar del Plata.

**Tema:** “Modelos para la predicción del comportamiento a fatiga de uniones soldadas”

**Director de Tesis:** Dr. Mirco Chapetti

**Lugar de Trabajo:** INTEMA - Facultad de Ingeniería – UNMDP.

**Fecha de Defensa:** 7 de abril de 2011

**Jurados:** Ing. Luis de Vedia (Universidad Nacional de San Martín)

Dr. Juan Pérez Ipiña (Universidad Nacional del Comahue)

Dr. Raúl Conde (Facultad de Ingeniería, UNMDP)

### **Resumen:**

La mayoría de las estructuras de acero desarrolladas en la práctica de la ingeniería, así como un sinnúmero de componentes mecánicos, se construyen en la actualidad utilizando distintos procesos de soldadura. Por otro lado, el fenómeno de fatiga mecánica es la causa de aproximadamente el 80% de las fallas mecánicas, ya sea actuando solo o en combinación con otros procesos de daño. Sin embargo, el análisis del comportamiento a fatiga de las uniones soldadas involucradas se hace usualmente complicado debido a los diferentes factores intervinientes y propios de la naturaleza de la unión, y que en general se realiza en forma cuasi-empírica debido a la inexistencia de modelos y/o teorías que permitan predecir su comportamiento.

Existen en la actualidad varios métodos para la estimación de la vida en fatiga de uniones soldadas, como el método de la tensión nominal, el método Hot Spot Stress, el método del Notch Stress, el método de la deformación local, y los métodos simplificados basados en la mecánica de fractura, entre otros. La mayoría de estos métodos están actualmente estandarizados en la bibliografía, o al menos aceptados en recomendaciones internacionales. Sin embargo, se basan fundamentalmente en el uso de las curvas de Wöler o curvas S-N que utilizan como parámetro de diseño tensiones nominales o equivalentes aplicadas a la configuración analizada. Mediante el uso de estos parámetros nominales no es posible estudiar la influencia de diferentes parámetros geométricos, mecánicos y microestructurales que intervienen en la definición del comportamiento a fatiga de una unión soldada, ya que estos diagramas se encuentran catalogados según el tipo de junta y solo diferencian entre acero y aluminio y permiten correcciones empíricas para considerar algunas variables como el espesor de la chapa soldada, ángulo de sobremonta, etc.

Por otro lado, y como un aspecto muy importante del problema por su importancia tecnológica, los métodos actuales no permiten predecir el comportamiento a fatiga de la unión y sólo proporcionan valores nominales conservativos de la resistencia a fatiga de una dada configuración, que son independientes de muchas de las variables intervinientes.

Trabajos recientes han proporcionado las bases de nuevos procedimientos de análisis fractomecánicos que permiten analizar el problema integralmente, considerando modelos que permiten estudiar el mecanismo de daño asociado considerando las diferentes variables que lo gobiernan. La presente tesis busca avanzar en el desarrollo de estos modelos y en la verificación de su habilidad para explicar y predecir el comportamiento a fatiga de uniones soldadas. La

motivación fundamental de este trabajo descansa en la posibilidad de contar con métodos, teorías, y modelos que permitan predecir el comportamiento a fatiga de una determinada configuración y la cuantificación de la influencia de las diferentes variables intervinientes, sin necesidad de realizar ensayos experimentales de las uniones. La importancia tecnológica asociada a la disponibilidad de estas teorías y modelos es sin ninguna duda significativa.

En primer lugar, la tesis presenta un resumen de los modelos más conocidos, junto con un análisis de sus desventajas y limitaciones. Luego se presenta un análisis de las nuevas tendencias y de las teorías, modelos y enfoques surgidos en la última década y se propone un modelo fractomecánico integral, definiendo pautas de aplicación y simplificaciones para la cuantificación de las propiedades necesarias para su aplicación. Se sigue con el análisis detallado de configuraciones específicas de uniones soldadas a tope, mostrándose la importancia de la etapa de propagación temprana de fisuras en la definición del comportamiento a fatiga de uniones soldadas sanas. Luego se presenta un análisis de resultados publicados recientemente por investigadores de referencia internacional y finalmente se resumen algunos conceptos importantes asociados al nuevo enfoque fractomecánico propuesto y a los modelos, teorías, técnicas y procedimientos utilizados y/o implementados, poniendo énfasis en la importancia de algunas conclusiones y evidencias que muestran el potencial de dicho enfoque.

## **Abstract**

The majority of steel structures in engineering, as well as a number of mechanical components, are constructed using different welding processes. On the other hand, the phenomenon of mechanical fatigue is the cause of approximately 80% of mechanical failure, being the sole damaging process or acting in combination with other processes. Nevertheless, the analysis of fatigue behaviour of welded joints is usually a complicated matter due to the different influencing factors resulting from the nature of the joint, and is generally realised in cuasiempirical form because of the non-existence of models and/or theories that would allow to predict their behaviour.

Several methods to estimate the fatigue life of welded unions exist at present, including among others the nominal stress approach, the hot-spot stress approach, the notch stress approach, the local strain approach and simplified methods based on fracture mechanics.

The majority of these methods is standardized in literature or accepted in international recommendations. Nevertheless, they are based mainly on the use of Wöhler curves or S-N curves which require as a design parameter a nominal or equivalent stress applied to the analyzed configuration. By using these nominal parameters is not possible to study the influence of different geometric, mechanical and microstructural parameters that form part of the definition of the fatigue behaviour of a welded joint because these diagrams only are indexed according to the joint configuration and only differentiate between steel and aluminium. In addition they use empirical corrections to account for some variables like plate thickness, reinforcement angle, etc.

Due to its technological importance a major drawback of the present methods is that they do not allow to predict the fatigue behaviour of the joint and only provide conservative nominal values of the fatigue resistance for a given configuration not taking into account many of the influencing variables.

Recent works have provided the bases for new procedures of fracture mechanics analyses that allow to analyze the problem thoroughly by considering models that allow to study the mechanism of associate damage including the different variables that govern it. The present thesis circumstantiates the development of these models and the verification of their ability to explain

and to predict fatigue behaviour of welded joints. The fundamental motivation of this work is based on the feasibility of relying on methods, theories, and models that allow to predict the fatigue behaviour of a certain configuration and the quantification of the influence of the different affecting variables without realizing experimental testing of the joints. The technological importance associated with the application of these theories and models is certainly significant.

At first, the thesis presents a summary of well-known models together with an analysis of their disadvantages and limitations. Then, an analysis of the new tendencies and the theories, models and approaches arisen in the last decade is given, and an integral fracture mechanics based model is presented, defining guidelines of applications and simplifications for the quantification of the necessary properties for its application. It is followed by a detailed analysis of specific configurations of butt welded joints, highlighting the importance of the stage of early crack propagation for the definition of the fatigue behaviour of welded joints without defects. Afterwards, an analysis of results recently published by international researchers is presented and finally some important concepts associated to the new proposed fracture mechanics based approach and to the applied and/or implemented models, theories, techniques and procedures are summarized emphasizing on the importance of some conclusions and on evidence that shows the potential of this approach.